

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Philipps-Universität Marburg an der Lahn
(Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. H. J. Hering)

EIN BEITRAG ZUR ERFORSCHUNG DER ADAPTATION
DES MENSCHLICHEN KAUORGANS DURCH
UNTERSUCHUNG DER SPRACHLAUTBILDUNG
IM LANGZEITVERSUCH

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von
Christoph-Benedikt Poschen
aus Stadthagen

Marburg 1977

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Philipps-Universität Marburg an der Lahn
(Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. H. J. Hering)

EIN BEITRAG ZUR ERFORSCHUNG DER ADAPTATION
DES MENSCHLICHEN KAUORGANS DURCH
UNTERSUCHUNG DER SPRACHLAUTBILDUNG
IM LANGZEITVERSUCH

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
dem Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von
Christoph-Benedikt Poschen
aus Stadthagen

Marburg 1977



meiner geliebten Frau

L o u i s e

und

meiner geduldigen Tochter

M a r i e - L o u i s e

gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555627_0005

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung	4
I. Literaturübersicht	4
II. Hinführung zum Problem	8
B. Hauptteil	11
I. Versuchsanordnung	
1. Grundlagen zur Versuchsanordnung	
a) Physiologische Grundlagen	11
b) Phonetische Grundlagen	18
2. Gaumeneinsätze	23
a) Werkstoffe und Arbeitsgerät	23
b) Herstellung der Gaumeneinsätze	23
3. Sprachaufnahme	30
a) Aufnahme- und Untersuchungsgerät	30
b) Probanden	32
II. Versuchsdurchführung	35
1. Sprechproben	35
2. Versuchsort	38
3. Versuchszeit	39
III. Technik der Auswertung	40
1. Auditive Methode	40
2. Sonagraphisch-qualitative Methode	44
3. Sonagraphisch-quantitative Methode	50
IV. Ergebnis	67
1. Auditives Ergebnis	72
2. Sonagraphisch-qualitatives Ergebnis	72
3. Sonagraphisch-quantitatives Ergebnis. Vergleich der Teilergebnisse untereinander und Zusammenfassung	72
V. Diskussion	78
C. Zusammenfassung	81
D. Literaturverzeichnis	85

A. Einleitung

I. Literaturübersicht

Zahnheilkunde und Phonetik stehen in gleichem Maße in Wechselbeziehung wie Kauorgan und sprachliches Artikulationsorgan übereinstimmen.

Vor mehr als hundert Jahren hat M c Q u i l l e n (46) die Komplexität der Beziehungen von Sprech-, Kau- und kosmetischer Funktion in einem Werk zusammengefaßt.

B r ü c k e (10) hat sich etwa zur gleichen Zeit mit Forschungen über die Artikulationszonen beschäftigt und stellt Zunge, Zähne, Lippen und die zugehörigen Kiefer-, Gaumenauf-
lageflächen als beteiligt heraus. Bekannt ist, daß 1872 das erste Palatogramm zur Sichtbarmachung der Kontaktzonen von Zunge und Gaumen bei der Sprachlautbildung durch den Zahnarzt O a k l e y - C o l e s , London, erstellt wurde. G u t z -
m a n n (25) weist zu Anfang dieses Jahrhunderts in einer Reihe von Vorträgen und Schriften immer wieder auf den wichtigen Zusammenhang beider Disziplinen hin:

"Denn noch immer sind wir weit davon entfernt, daß die Zahnärzte sich mit der Sprachphysiologie und der Phonetik so beschäftigen, wie es eigentlich in ihrem Interesse und im Interesse ihrer Patienten liegt."

"Die Beziehungen zu den Zahnmißbildungen und die Verhältnisse zwischen Gaumenwölbung, Prothese und Klang, das sind so wichtige Tatsachen, die zum Teil noch so wenig wissenschaftlich exakt erforscht sind."

Mit Untersuchungen über die Koinzidenz von Gebißanomalien und Sprachfehlern haben sich nicht wenige Autoren verdient gemacht. So finden sich Angaben hierüber u.a. bei
A r n o l d (3), B a r c z i n s k i (5). H a t t e m e r (27), M o n n i n (49), S u b t e l n y (71),

Z w a a r d e r m a k e r (81). Die Beziehungen werden in Form von verursachenden oder mitverursachenden, mitbeteiligten, disponierenden Einflüssen gedeutet. R e i c h e n b a c h (56) mit N a d o l e s z n y und M e d e r gibt bei Sprachstörungen in 60-70% der Fälle Kiefer- und Zahnstellungsanomalien als das auslösende Moment an.

F r ö s c h e l s (20) dagegen mißt der Beteiligung der Zunge als entscheidendem Artikulationsorgan die wesentliche Bedeutung für die Lautbildung, insbesondere die S-Laut-Bildung, bei und weist Zähnen und Gaumen eine untergeordnete Rolle zu. Die für den Zahnarzt relevanteste phonetische Untersuchung ist wohl die der S-Laut-Bildung. Hiermit haben sich insbesondere B a r c z i n s k i (5), v o n E s s e n (16), T r e n s c h e l (74), W e t h l o (76) u.a. befaßt.

H e i d e b r e d e (29) hat diesbezüglich Untersuchungen an taubstummen Kindern durchgeführt. O w e r t (52) hat eine Spezialprothese hergestellt, die in Verwendung mit Sprachübungen zur Korrektur des Lispelns dienen sollte. Er entgegnet F r ö s c h e l s , daß man zwar allgemein glaube, die Zunge sei das wichtigste periphere Sprachorgan, da es ja auch "la langue" = die Sprache, die Zunge heiße; das Unvermögen oder unvollkommene Vermögen, manche Laute zu bilden, bestehe jedoch auf Grund verschiedener Ursachen, unter anderem anatomischer Abnormität. Er unterscheidet beispielsweise funktionelles und organisches Stammeln. Ebenso sieht auch G u t z m a n n (24) in der Gebißanomalie den entscheidenderen Faktor als in der Zungenfehlfunktion.

R e i c h e n b a c h (57) verwirft später F r ö s c h e l s Ansicht nicht mehr ganz, sondern hält es für möglich, daß auch primär eine falsche Zungenfunktion zur Entstehung einer Anomalie führen, die Dyskinesie also die Dysgnathie bewirken kann.

A l l e n (2) stellt 1959 das Postulat der dreifachen Berücksichtigung von Mechanik, Ästhetik und Phonetik für die Konstruktion einer Prothese auf (heute unter dem Begriff der APF¹⁾-Trias aktuell). Auch G e b h a r d t (21) unterstreicht die Notwendigkeit der Einbeziehung der Phonetik in den zahnärztlichen Arbeitsbereich. Er trennt physiologische Schwankungen in der Artikulationsbasis von pathologischer Transposition der Artikulationsbasis.²⁾

M ü h l h a u s e n und L i e b (50) haben mit Hilfe einer Untersuchung an 3086 Schulkindern aus kieferorthopädischer Sicht eine Statistik über das Vorkommen von Zahn- und Kieferanomalien in Relation zum Auftreten von Sprechanomalien erstellt. Am häufigsten wurde das Zusammentreffen von offenem Biß oder lückigem Gebiß mit Lispeln ermittelt. Dieses Ergebnis finden wir auch bei anderen Autoren bestätigt. Gehören gemäß R e t h m a n n (58) die Sprachvorgänge überhaupt zu den kompliziertesten koordinierten Bewegungen unseres Körpers, so sagt K o b e s (38), der eigens eine Prothesenkonstruktion mit phonetisch-klinischem Effekt angegeben hat, über den S-Laut, daß er mit allen seinen Varianten den schwierigsten aller Sprachlaute bilde, da er in der Entwicklung der Sprache sehr spät auftrete und sehr schnell durch fremde Einflüsse gestört werden könne, er habe wohl die geringste physiologische Breite: "Zur richtigen Bildung des scharfen S ist eine feine Zungeneinstellung eine schwierige neuromuskuläre Leistung". S u b t e l n y (71) hat umfassende Untersuchungen

1) siehe Abkürzungsverzeichnis S. 79

2) Artikulation ist hier ein phonetischer Begriff, die Mechanik der Lautbildung betreffend.

über die Zusammenhänge von Malokklusion und normaler sowie defekter Artikulation des S-Lautes durchgeführt. Er findet eine große Variationsbreite der S-Artikulation bei normaler Sprache und stellt fest, daß der Konsonant [S] viel häufiger als jeder andere Sprachlaut mißgebildet wird. Phonetiker oder Linguisten vertreten diese Auffassung allerdings nicht gleichermaßen.

S u b t e l n y konnte darüber hinaus anhand cineradiographischer Aufnahmen des Sprechaktes und des Schluckaktes beobachten, daß die Bewegungsabläufe in der anterioren Region der Mundhöhle eine der Konfiguration von Gebißanomalien entsprechende Variation aufweisen. Über den engen Rahmen der Gebißanomalien hinaus hat sich vor allem T r e n s c h e l (74) mit dem Problem von Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten³⁾ und Sprachfehlern auseinandergesetzt. Z a l e s k i (79) hat Sprachergebnisse bei LKG-Spalten mit solchen nach Oberkieferresektionen verglichen und akustische Analogien gefunden.

F ö r s t e r (19), der 1967 die bis dahin bekannten Ergebnisse unter dem Titel "Abhängigkeit der Lautbildung von Gaumen, Kiefer und Gebiß" zusammenfaßt, trennt zwischen Sprachuntersuchung und Untersuchung des Sprechens, welche letztere uns hier interessiert, und definiert so einen Unterschied, auf den auch schon G e b h a r d t (21) hingewiesen hat. Ebenfalls erwähnt F ö r s t e r die Möglichkeit, durch künstliche Deformationen des Gebisses Änderungen der Laute herbeiführen zu können. W u l f f (77) betont die Notwendigkeit der Zusammenarbeit zwischen Kieferorthopäden und Logopäden. Er geht davon aus, daß eine "normale Lautbildung am besten auf normaler organischer Basis, das sind regelrechte

3 siehe Abkürzungsverzeichnis S. 79

Zahn- und Kieferverhältnisse", erwächst. Wie auch R i e - s e n f e l d (61) kommt er zu der Überzeugung, daß das "funktionelle Kau- und Sprechgetriebe" und die Kieferentwicklung zweifellos miteinander in Wechselwirkung stehen. Z u m - b a n s e n (80), dessen Versuchsergebnisse uns als Grundlage dienen, macht zusätzlich darauf aufmerksam, daß zu diesem Funktionsgefüge noch das Kiefergelenk und insbesondere die Kaumuskulatur zu rechnen sind.

II. Hinführung zum Problem

Zum Problem der Adaptation im Kausystem gibt es Veröffentlichungen unterschiedlicher Perspektive:

K o b e s (38), wie erwähnt, interessierte ebenso wie R e u - m u t h (59) dabei der phonetische Aspekt. Sie untersuchten beide die Einwirkung von Zahnverlust und Zahnersatz auf die Sprache. K u r l j a n d s k i j (40) beschäftigte sich mit der Gewöhnung an den Zahnersatz.

Inkorporation und Assimilation der Prothese sind Bezeichnungen, die auch die psychische Verarbeitung von seiten des Patienten miteinbeziehen. Diesem wichtigen Faktor widmeten sich vor allem B a l t e r s (4), D o l d e r (14), K r a n z (39). D o l d e r prägte den Begriff des "Verkehrsgesichtes", womit er die ästhetische Bedeutung dieses Problems ansprach; er sah in der Veränderung desselben, nämlich im ersatzbehafteten Gebiß, die Ursache für ein Unterlegenheitsgefühl gegenüber der Umwelt.

Weitere Untersuchungen hatten die Erforschung der funktionellen Anpassung der Mandibula zum Ziel. S u b t e l n y (72) untersuchte mittels Cineradiographie "adaptation of function to change in form": Durch kephalometrische Auswertung teilte er seine Probanden in Gruppen ein, solche mit Eugnathie neben solchen mit den verschiedenen Dysgnathien. Dann machte er vergleichende Röntgenfilmaufnahmen von den Sprech- und Schluckfunktionen. R i e s e n f e l d (61) provozierte die Anpassung der Mandibula in Form von Substanzschwund an künstlich erzeugte Unterfunktion. Diese erreichte er im einen Fall durch Entfernung von Schneidezähnen, im anderen durch Exzision verschiedener Kaumuskeln. S e r g l (64) arbeitete mit Unterkiefer-Aufbißschienen im Tierversuch. Er fand in der kaufunktionellen Belastung einen Faktor der Wachstumssteuerung.

S c h n e l l und Mitarbeiter (s.u.) haben es sich zur Aufgabe gemacht, ein Modell für die Untersuchung der Adaptation des menschlichen Kauorgans auszuarbeiten. Sie setzten künstliche okklusale Interferenzen und berücksichtigten sowohl die Veränderung des interokklusalen Spaltes als auch die Veränderung der Kaumuskelskonsistenz. Das Untersuchungsfeld soll noch um phonetische Experimente erweitert werden. (Unter B.I. 1a) wird näher auf die im Rahmen des Teilprojektes E4 des Sonderforschungsbereichs 122⁴⁾ laufenden Arbeiten dieses Teams eingegangen).

4) Über den Sonderforschungsbereich "Adaptation und Rehabilitation" soll die Adaptationsforschung als interdisziplinäre Grundlagenwissenschaft intensiviert werden. Sie soll die theoretische Basis zum Verständnis der Rehabilitation erweitern und den Ausbau der praktischen Rehabilitationsmethoden ermöglichen. (Deutsche Forschungsgemeinschaft)

Die vorliegende Arbeit untersucht die Adaptation der Lautbildung an künstliche, partielle Verdickungen auf der Gaumenschleimhaut über zwölf Tage und will damit einen Beitrag zum Modell der Adaptation im stomatognathen System des Menschen geben.

B. Hauptteil

I. Versuchsanordnung

1. Grundlagen zur Versuchsanordnung

a) Physiologische Grundlagen

Obwohl so wichtig im täglichen Diskurs, sagt D u b o s (15), sei das Wort Adaptation trügerisch, weil es für verschiedene Personen verschiedene Dinge beinhalten kann. Biologen, Physiologen, Soziologen und Laien benutzen, jeder auf seine Weise, diesen Begriff, um eine Vielzahl genetischer, physiologischer, psychischer und sozialer Phänomene zu bezeichnen, deren fundamentale Mechanismen nicht zusammenhängen. Adaptation beinhaltet, daß ein biologisches System Mechanismen besitzt, welche es befähigen, seine Identität gegen unaufhörlichen Reiz äußerer Einflüsse zu behaupten. D u b o s zitiert B e r n a r d ' s Definition: "The fixity of the 'milieu intérieur' is the essential condition of free life". S e l y e (63) sieht durch die Fähigkeit sich anzupassen das Leben am stärksten charakterisiert. Er zieht eine Parallele zwischen der Intensität des Lebendigen und dem Ausmaß der Anpassungsfähigkeit.

In unserem Zusammenhang geht es um die physiologische Adaptation, die sich als Reaktion auf eine Änderung der Außen- oder Innenbedingungen erweist. Eine Analyse der Adaptationsvorgänge finden wir bei H e n s e l (30).

Organismen besitzen die Fähigkeit der Homöostase (Stabilität gegenüber wechselnden Bedingungen). Adaptationen können als Modifikationen vorhandener homöostatischer Prozesse aufgefaßt werden. Die Zeitdauer solcher adaptiver Vorgänge kann Sekunden bis Jahre umfassen, bei der genetischen Adaptation sogar Jahrmillionen. Der im Sonderforschungsbereich 122 ver-

wendete Begriff der physiologischen Adaptation bezieht sich auf die individuelle Langzeitadaptation (Stunden bis Jahre).

Wirkt ein äußerer oder innerer Faktor = Stressor mit oder ohne Unterbrechung langfristig auf den Organismus ein, so reagiert dieser mit Adaptaten, die dem Effekt des Stressors entgegenwirken. Dadurch kommt es zur Kompensation einer zunächst unter der Wirkung des Stressors abweichenden physiologischen Größe. Adaptive Modifikationen umfassen morphologische und funktionelle Änderungen. Die funktionellen Modifikationen betreffen die Toleranz gegenüber dem Stressor, die Koordination von Funktionen oder die Kapazität von Leistungen. B r ü c k (9) definiert die Adaptation als Modifikation von Organen und Funktionssystemen. Solange bestimmte Umweltfaktoren (Stressoren) nicht eine kritische Grenze überschreiten, vermögen sie jeweils spezifische Modifikationen hervorzurufen.

Demgegenüber stellt B r ü c k die Regelungsvorgänge als stets verfügbare, auf präformierten Bahnen ablaufende Reaktionsweisen dar. Diese Reaktionsweisen können jedoch bei anhaltender oder wiederholter Belastung Modifikationen erfahren, und erst dann geschieht Langzeitadaptation. Stressoren können direkt oder indirekt (über periphere Rezeptoren) auf das Zentralnervensystem einwirken. (Periphere Rezeptoren zeigen nur Kurzzeitadaptation. Diese kann beispielsweise auch auf einer Abschwächung überschießender stressorunspezifischer Begleitreaktionen (s.u.) beruhen). Unter Regulation versteht man gemäß H i l d e b r a n d t (33) die Fähigkeit des Organismus, die Konstanz des inneren Milieus d.i. die Homöostase zu gewährleisten. Auffälligerweise stellt der Rhythmus eines der Ordnungsprinzipien dar, deren sich die Natur zur Leistung dieser Aufgabe bedient. Ein weiteres Ordnungsprinzip ist die Regelung als korrigierender Eingriff bei Abweichung, wozu es

enger Korrelationen bedarf. Durch wechselseitige Beeinflussung verschiedener Funktionen ergibt sich eine Koordination der rhythmischen Ordnung, die den isolierten Regelleistungen übergeordnet erscheint.

Die Gesetzmäßigkeiten für den Zeitverlauf adaptiver Vorgänge im vegetativen Bereich des Organismus sind laut H i l d e b r a n d t (32) von einigen Autoren als dreiphasischer Prozeß (mit Parallelen zum Ablauf des allgemeinen Adaptations-syndroms (S e l y e)), von anderen als periodischer, reziprok alternierender Verlauf geschildert worden. Die einen führen zunächst die nervösen Kompensationsstörungen, später eine humorale Steuerung und zuletzt die Bildung morphologischer Modifikationen auf; die anderen beschreiben rhythmische Reaktionen auf Reize, deren Amplitude infolge mehr oder weniger starker Dämpfung fortschreitend abklingt und die man als reaktive Perioden bezeichnet. Auch kann eine Überkompensation die reizbedingte Auslenkung in ihr Gegenteil umkehren und auf diese Weise den Ausgleich einleiten; die Periodik ist dabei bedeutungsvoll für die Wiedereinstellung des Grundrhythmus. H i l d e b r a n d t (32) hat erforscht, daß die periodischen Reaktionen in bezug auf Einsatz und Stärke vom Reiz und von der vegetativen Ausgangssituation abhängig, in ihrem zeitlichen Verhalten jedoch durch koordinative Beziehung an die bestehende spontanrhythmische Ordnung⁵⁾ gebunden sind. Der Reiz löst in der Reaktivität eine koordinative Leistung der

5) Darunter versteht man spontanrhythmische Funktionen des Organismus mit geringer Variationsbreite von Frequenz und Amplitude (sinusförmige Schwingung).

verschiedenen miteinander verkoppelten rhythmischen Funktionen aus, dadurch daß zwischen diesen Interferenzen auftreten. Die reaktiven Perioden kompensieren die initiale Auslenkung und führen sie beim Gesunden in gedämpftem Verlauf zur Ruhelage zurück. In diesem Fall verläuft die Kompensationskurve in Form einer gedämpften Schwingung.

Physiologische Adaptation, so B r ü c k , kann im einzelnen Individuum oder Organismus zur Manifestation kommen; ein wichtiges Kennzeichen derselben ist das Phänomen der Deadaptation, d.h. Anpassungsverlust bei Belastungsfortfall. Die physiologische Adaptation setzt eine Stressorwirkung begrenzter Intensität voraus. Erst durch Überschreitung dieser kritischen Intensität wird eine Alarmreaktion nach S e l y e hervorgerufen. Unter solchen Bedingungen bilden sich Modifikationen nicht mehr aus (Dysadaptation, (H e n s e l)).

Die Adaptate oder auch das gesamte Adaptatmuster besitzen eine von Qualität, Intensität und Zeitverlauf des Stressors abhängige Spezifität. Neben den spezifischen Adaptaten treten unspezifische Begleitreaktionen auf. Deren Verminderung führt zu Gewöhnung; so kann die Toleranzadaptation in Form einer Habituation auftreten. Übermäßige Zunahme der unspezifischen Begleitreaktionen verhindert Gewöhnung. Generell besteht bei stärkeren Dauerbelastungen die Gefahr negativer Kreuzadaptation.

Wenig einheitlich ist der Gebrauch des Adaptationsbegriffes auch in der Zahnheilkunde:

K o b e s (38) nennt primäre Adaptation bei der Lautbildung die Erlernung der Sprache während der Gebißentwicklung, se-

kundäre Adaptation diejenige während des kontinuierlichen Zahnverlustes über lange Zeit und tertiäre Adaptation diejenige nach prothetischer Versorgung.

"Durch das Dazwischentreten des Prothesenmaterials werden die Artikulationszonen um eine Stufe tiefer gesetzt, so daß die Zunge die ihr gewohnten Areale zu früh erreicht. Es tritt eine zu späte Bremsung auf, da wir es mit einer gesteuerten Artikulationsbewegung der Zungenmuskulatur zu tun haben, und die Zunge preßt sich mit gesteigerter Kraft, aber nicht kontrolliert, an die Artikulationsregionen an. Daraus resultiert zwangsläufig eine Veränderung des durch die Mundhöhle streichenden Luftstroms und somit eine orale Veränderung der Sprache. Die Zungenartikulation muß die neuen Auflagegebiete akzeptieren und sich durch entsprechende Einstellung in ihrer Ausdehnung anpassen."

K u r l j a n d s k i (40) gibt anhand objektiver und subjektiver klinischer Beobachtung eine zeitliche Unterteilung der Gewöhnung an den Zahnersatz in drei Phasen. Mit Erreichen der dritten Phase sei die Adaptation abgeschlossen.

Bei der Adaptation an orthodontische Apparaturen unterscheidet S h i l o v a (67) zwei Stufen: zuerst das Auftreten protektiver Hemmung wie gegenüber einem Fremdkörper, danach die durch nervöse Assoziationen erwirkte Zuordnung motorischer Dynamik wie zu einem Organ.

F ö r s t e r (19) hat bezüglich der Kompensation den Eindruck gewonnen, daß ein Substanzverlust besser ausgeglichen werden kann als eine Substanzvermehrung.

R e u m u t h (59) beschreibt für den Zahnverlust Auftreten und Verschwinden von Störungen bei der Aussprache der Konsonanten:

"... dauern nicht sehr lange, schon nach Stunden oder Tagen sind sie in der Regel behoben. Dieselben Laute können durch Artikulation an verschiedenen Stellen hervorge-

bracht werden, u.U. allerdings in einer bestimmten Variation. Zu diesem Mittel greift der Zahnlose oder nur noch teilweise Bezahnte ohne besondere Kenntnisse. Es wird versucht und verglichen, solange geübt bis das gewollte Resultat erreicht ist. Nach genügender Wiederholung entsteht ein Automatismus und ein reflektorischer Vorgang. Es ist derselbe Ablauf der funktionellen Anpassung an die veränderten anatomischen Verhältnisse wie beim Kauen."

Die Aussprache der Vokale erleide kaum Veränderungen und der anschließende Zahnersatz führe nicht zu einer Beeinträchtigung des Klangbildes.

S c h n e l l (62) und Mitarbeiter (D e i t e r m a n n , G r e i f , G r o ß m a n n , H e r z o g , M a n g e l s , N i e b e r g a l l , W e r k , Z u m b a n s e n) untersuchten die Adaptation der Mandibula an geringgradige okklusale Interferenzen, indem sie im Tagesverlauf und im Langzeitversuch⁶⁾ über eine Woche den interokklusalen Spalt maßen. Sie fanden interindividuelle Unterschiede (Abb. 13): Bei einer Probandengruppe blieb die Spaltbreite unveränderlich. Bei einer weiteren Gruppe nahm die Spaltbreite kontinuierlich bis zum 5. Tag ab und stagnierte anschließend. Bei einer dritten, der wesentlichen, da klinisch bedeutungsvollen, nahm die Spaltbreite ebenfalls bis zum 5. Tag ab und nahm danach wieder zu. Im Tagesgang war der interokklusale Spalt in der Zeit zwischen 18.00 und 20.00 Uhr am geringsten, vorausgesetzt, bei der Bißsperrung wurde kein druckschmerzhafter Zahn belastet. Diese Ergebnisse setzte das genannte Team einerseits in Beziehung zu den physiologischen Schwankungen von Sensibilität, Taktilität und Beweglichkeit der Zähne (siehe auch P ö l l m a n n , H i l d e b r a n d t , S c h n e l l (54)), andererseits zur klinischen Anwendung von Funktions-

6) siehe Abkürzungsverzeichnis S. 79

äquilibrierungen bei Artikulationsstörungen und Kiefergelenkbeschwerden.

Dieses Adaptationsmodell wurde ferner um Untersuchungen über die Konsistenzveränderung der Region um die musculi pterygoidei in Folge einer geringgradigen Bißsperrung erweitert. Wegen der Lage der Muskeln ist eine myographische Untersuchung ohne ihre Traumatisierung nicht möglich. Deshalb wurde ein Konsistenzmeßgerät entwickelt, mit dessen Hilfe es gelingt, bei definierten Drucken die Einsinktiefen eines Meßstempels in das zu untersuchende Gewebe zu erfassen. Auf Grund der Ergebnisse konnten die Probanden wieder in drei Gruppen eingeteilt werden (Abb. 13): Die erste Gruppe zeigte keinerlei Veränderungen in der Konsistenz. Bei der zweiten Gruppe wurde eine Gewebsverhärtung, die als Spastik gedeutet wurde, in keinem Fall jedoch eine Erweichung beobachtet. Hingegen waren bei der dritten Gruppe umgekehrt Erweichungen, die als Ödeme angenommen wurden, aber keine Verhärtungen zu erkennen.

Die bisherigen Untersuchungen zur Adaptation der Mandibula an okklusale Interferenzen waren aus klinischen Gründen zeitlich begrenzt. Sie erstreckten sich auf eine Versuchszeit von einem Tag bis zu einer Woche, da für die Probanden bei einer längeren Dauer bleibende Schäden an Kiefergelenk, Kaumusculatur oder Parodontien nicht ausgeschlossen werden konnten. Da das stomatognathe System sowohl das Kauorgan wie auch die peripheren Sprechwerkzeuge umfaßt, hat Z u m b a n s e n im Team von S c h n e l l zur Vervollständigung des Untersuchungsmodells für die Adaptation als weiteren Parameter in diesen Problemkreis die künstlich erzeugte Phonationsänderung eingeführt.

b) Phonetische Grundlagen

Die Phonetik wird von M e y e r - E p p l e r (48), der neben anderen die Sprache zum Gegenstand physikalischer Forschung machte, als eines der interessantesten Grenzgebiete zwischen Natur- und Geisteswissenschaft bezeichnet.

Der von den Lungen beim Ausatmen gelieferte und zur Schallproduktion genutzte Luftstrom erreicht einen Druck, dessen Verlauf oberhalb der Stimmritze, das ist im Ansatzrohr⁷⁾, das akustische Signal bestimmt. Dieses ist periodisch und läßt sich in eine Summe von Teilschwingungen einfacher Form zerlegen. T r e n d e l e n b u r g (73) zeigt den annähernd sinusförmigen Aufbau der primären Stimmlippenschwingungen am isolierten Kehlkopfpräparat. Die Zerlegung des akustischen Signals in Teilschwingungen nennt man Frequenzanalyse (F o u r i e r - Analyse). Gemäß F o u r i e r muß man sich jede komplizierte, sich wiederholende Schwingung, zum Beispiel die menschliche Stimme, als Addition von Sinusschwingungen verschiedener Frequenz und Amplitude vorstellen. W i n c k e l (in 44), der die akustischen Grundlagen der Stimmbildung aufzeichnet, scheidet dabei physikalische Größen von psycho-akustischen Größen und ordnet den ersten Schallintensität, Schalldruck, Frequenz und Zeitdauer, den zweiten Lautstärke, Tonhöhe und Klangfarbe zu.

Zur Bildung der Konsonanten passiert der Atemluftstrom ungehindert die geöffnete Stimmritze, findet jedoch auf dem Weg zur Schallaustrittsstelle einen Verschuß oder ein Hindernis vor, die an verschiedenem Ort gesetzt sein und auf unterschied-

7) G o y d k e (22) definiert das Ansatzrohr als den Bereich von der Stimmritze bis zum Schallaustritt, bestehend aus drei gekoppelten Resonanzräumen: Rachen, Mund- und Nasenraum. (vgl. Abb. 7)

liche Weise aufrechterhalten und gegebenenfalls geöffnet werden können. Die heute geltende phonetische Einteilung der Konsonanten wird von A b e r c r o m b i e (1) oder von L a d e f o g e d (41) beschrieben.

Die Beantwortung von sieben Fragen (nach dem Mechanismus der Atemluftströmung; nach der Richtung der Luftströmung; nach dem Glottisstand; nach der Velumlage; nach dem aktiven Artikulator; nach dem passiven Artikulator; nach der Art und dem Grad der Engebildung) führt nach A b e r c r o m b i e zur Kennzeichnung eines einzelnen Konsonanten. Darauf basiert seine "classification by place and manner" (Abb. 1a).

Dieselben Einteilungsprinzipien finden wir bei L a d e f o g e d , geringfügig abgewandelt, er unterscheidet: stop, fricative, approximant, trill, tap, flap (manner of articulation); oral - nasal, central - lateral (place of articulation) ⁸⁾. Soweit informiert die Terminologie über das Geschehen an einem bestimmten Ort innerhalb des Vokaltrakts, nämlich dem der Hauptengebildung. An anderer Stelle kann eine "secondary articulation" in Art einer Labialisierung, Palatalisierung, Velarisierung, Pharyngalisierung, (Nasalisierung = siehe nasal) erfolgen. Auch "double articulation" kommt vor.

Der Sprachablauf weist sich jedoch nicht als bloße Aneinanderreihung solcher Art klassifizierter Einzellaute aus, bei der die Steuerungsparameter von einem Wert auf einen anderen springen, sondern die Sprache entsteht durch fließende Dauerbewegung mit Beteiligung aller Sprechorgane. A b e r c r o m b i e räumt ein, daß die Sprache nicht wirklich eine Aufeinanderfolge isoliert produzierter Sprachsegmente darstellt, daß es aber nur den einen praktikablen Weg ihrer Beschreibung gibt, den konsonantischen Laut, der ein Punkt im ständigen Wechsel des Sprachstroms ist, "wie eingefroren zu behandeln". Zur Koartikulation bemerkt von E s s e n (16):

"Lautbildungen beeinflussen sich gegenseitig, besonders bei unmittelbarer Nachbarschaft. Der Sprechende artikuliert nicht sorgfältig einen Laut nach dem anderen, vielmehr wird das Wort, ja der ganze einem Sinnschritt entsprechende Wortkomplex (Syntagma) als eine einheitliche Bewegung in Form mal mehr losen, mal mehr festen Anschlusses von Laut zu Laut ausgeführt".

8) vgl. Anmerkung 2) S. 6

Bei fehlerhafter Sprache werden Stammeln, Stottern, Näseln und Poltern unterschieden. Als Stammeln bezeichnet man Fehler der Aussprache und faßt diese unter dem Begriff Dyslalien zusammen. Arnold (3), Gebhardt (21), Gutzmann (24) u.a. haben die mechanischen Dyslalien beschrieben.

Gebhardt sagt:

"Das Spiel der peripheren Sprechwerkzeuge wird verändert, in der Intensität gesteigert, geschwächt oder aufgehoben durch Größen- oder Formveränderungen oder beides an einer Mundregion, und hat zur Wirkung, daß die schallerzeugende, anströmende Sprechluft zu leicht, zu schwer, gar nicht oder nur an falscher Stelle dem Munde entweichen kann".

Ursache ist dabei nicht eine Erhöhung oder Erniedrigung des Atemdruckes, sondern eine Steigerung oder Verminderung der Kontakte von Artikulatoren und Artikulationsstellen. Nach Ondráčekowá (51) ist für die regelrechte Vokalbildung das Verhältnis des Rauminhaltes der Mundhöhle und der Rachenhöhle relevant, für eine regelrechte Konsonantenbildung jedoch die Gestaltung des vorderen Teiles der Mundhöhle. Gössel (mündlich) erwähnt die außerordentliche Variabilität des verfügbaren Volumens, welche man aus Experimenten mit künstlichem Ansatzrohr kennt⁹⁾. Panceli-Caliza (53) sieht in den Konsonanten zum Teil das Produkt spezifischer Leistungen des Ansatzrohres. Jede Änderung, gleich welcher Art und Genese, werde also in erster Linie die Konsonantbildung treffen müssen. Arnold (3), Barczinsky (5), Gutzmann (26), Meyer-Eppler (47), Trenschei (74), Wethlo (76), und Wulff (77), die unterschiedliche Auffassungen über

9) Das menschliche Ansatzrohr beinhaltet ca. 500 ccm Raum (vgl. U n g e h e u e r).

die normale S-Laut-Bildung im Deutschen hegen, sind sich alle mit von E s s e n (16) darüber einig, daß besonders die sprachrechtliche Bildung der S-Laute keinen großen Spielraum verträgt, also eine geringe Artikulationsbreite hat. T r e n s c h e l resümiert, daß das für eine regelrechte S-Bildung im Deutschen ausschlaggebende Hauptmerkmal eher die prädorsal-alveolare Enge als der auf die Schneidezähne auftreffende Luftstrom sei.

Die Auswahl der für unsere Versuche geeigneten Sprachlaute sowie deren artikulatorische Störungsregion und auch die Gestaltung des künstlich zu setzenden Hindernisses hat Z u m - b a n s e n (80) in Vorversuchen erarbeitet und uns damit Daten für die Versuchsanordnung gegeben.

Abb. 1: Klassifizierung der Konsonanten

	Plosive	Nasal	Trill	Fricative	Lateral
Labial	p b	m n		ɸ β f v	
Dental	t d	ɳ ɳ	r r	θ ð	l l
Alveolar	t d	n n	r r	s z ʃ ʒ	l l
Retroflex	ʈ ɖ	ɳ ɳ	—	ʂ ʐ ʃ ʒ	l l
Palatal	c ɟ	ɲ ɲ	—	ç ʝ ç ʝ	ʎ ʎ
Velar	k g	ŋ ɳ	—	x ɣ	
Uvular	q ɢ	ɴ ɴ	ʀ ʀ	χ ʁ	

Abb. 1a: SOME IPA CONSONANT SYMBOLS
(nach Abercrombie)

Artikulationsstellen:

	Bilabial	Labiodental	Dental	Alveolar	Post-alveolar	Retroflex	Palatal	Velar	Uvular	Pharyngeal	Glottal
Artikulationsweisen											
Verschlusslaute od. Plosive stl./sth.	p/b			t/d		t/d	c / ɟ	k/g	q/ɢ		ʔ
Nasale	m	ɱ		n		ɳ	ɲ	ŋ	ɴ		
Frikative stl./sth.	ɸ/β	f/v	θ/ð	s/z	ʃ/ʒ	ʂ/ʐ	ç / ʝ	x / ɣ	χ / ʁ	ħ / ʕ	h / ɦ
Affrikaten stl./sth.	pf/bf			ts/dz	tʃ/dʒ						
Laterale				l		ɭ	ʎ				
Vibranten (gerollt)				r						ʕ	
Vibranten (einschlagig)				r		ɭ				ʕ	
gerollter Frikativ				ɭ							
Halbvokale	w	ɥ					j				
Frikationslose Kontinuanten			ʋ	ɹ							ʕ

Abb. 1b: Klassifizierungsschema
(aus dem "Deutschen Sprachatlas")

2. Gaumeneinsätze¹⁰⁾

a) Werkstoffe und Arbeitsgerät

Als Werkstoff bzw. Arbeitsgerät dienten uns:

Alginat (Palgat) zur intraoralen Kieferabformung am Patienten;

Blauer Hartgips (Moldano) zur Herstellung von Kiefermodellen;

Federharter Draht, 0,7/0,8 mm Ø, für das Drahtgerüst;

Glasklares Kaltpolymerisat auf Acrylatbasis (Palapress) für
den Kunststoffkörper des Gaumeneinsatzes;

Drucktopf (Polyklav) mit Bajonettverschluß, Ein-/Auslaßventil
und Überdruckventil, Druckskala 0-2 atü;

Mikrometerschraube (Firma Steinmeyer), Grobeinstellung von
50 Teilstrichen, theoretische Meßgenauigkeit 0,02 mm;

Symmetrograph nach K o r k h a u s (Firma Seitz und Haag;
Beschreibung siehe bei Z u m b a n s e n).

b) Herstellung der Gaumeneinsätze

Basierend auf den Vorversuchen von Z u m b a n s e n (80) wurden von jedem Probanden Situationsabdrücke genommen und je ein gesockeltes Oberkiefer¹⁰⁾ - sowie Unterkiefer¹⁰⁾ -Modell erstellt. Es wurden wieder dieselben gelöteten Drahtgerüste aus den Vorversuchen verwendet und dem jeweiligen OK-Modell dicht anliegend aufgewachst (Abb. 4). Während Z u m b a n s e n verschiedene Gaumenregionen mit Wachs unterschiedlicher Schichtstärke zur Erfassung der Sprachlautstörung bedeckte, konnten wir uns auf dem Boden seiner Ergebnisse auf die Untersuchung der Zone hinter den Schneidezähnen bei Verwendung von Kunststoff beschränken. Jeder der 5 Pbn bekam

10) Siehe Abkürzungsverzeichnis S. 79

einen solchen GE aus Kunststoff eingesetzt. Eine Übereinstimmung der künstlich gesetzten Gaumenverdickung ist durch gleichartige Herstellung für alle Pbn angestrebt worden, so daß diese unter Berücksichtigung der individuellen anatomischen Gegebenheiten und dadurch bedingter geringgradiger Abweichungen reproduzierbar ist.

Der einzelne Einsatz ist auf die von Z u m b a n s e n empfohlene Gaumenzone 2 und etwas distal darüber hinaus bis in Höhe der zweiten Prämolaren ausgedehnt worden. Es handelt sich dabei um die anterio-palatale der phonetisch wichtigen Zonen, in die Z u m b a n s e n, nach Studium der M a r t e n s'schen Tafeln (45), den harten Gaumen aufgeteilt hat (Abb. 2). Diese Region hat er als die stör anfälligste ermittelt. Sie umfaßt auch den präpalatalen Bereich, den F a r r e l l (18) bei partiellen Prothesen auszusparen rät. V o n E s s e n (16) betont die Anfälligkeit besonders der S-Laut-Bildung gegenüber Veränderungen im retroincisalen Gebiet. K o b e s (38) hatte sich diese Erfahrung bereits bei der Konstruktion seiner phonetisch-aktiven Y-Platte zunutze gemacht.

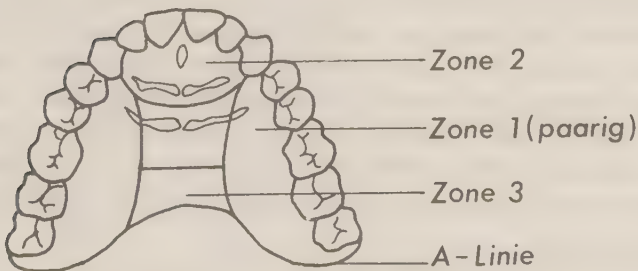


Abb. 2: Phonetisch wichtige Zonen des harten Gaumens
(nach Z u m b a n s e n)

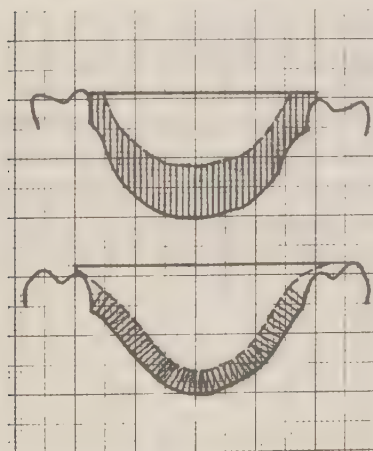
Auf jedem der OK-Modelle wurde die Raphe-Papillen-Transversale, die in etwa die zu denkende Verbindungslinie der Eckzähne darstellt, mit rotem Filzstift eingezeichnet. Ein mit dem Gaumendach dicht abschließender, die zweiten Prämolaren beider Seiten verbindender Wachswall wurde senkrecht zur Okklusionsebene und bis zu deren Niveau errichtet. Dann isolierten wir den eingefassten anterioren Gaumenanteil und die zugehörige Zahnreihe mit dem firmeneigenen Isolierungsmittel (für Palapress). Den abgesteckten Raum füllten wir bis zur Okklusionsebene, definiert durch eine auf die Zahnreihe aufgelegte Glasplatte, mit fließendem Kunststoff auf, den wir im Drucktopf 20 Min. bei 2 atü aushärten ließen. Nach Abbrühen des Wachses nahmen wir den fertig polymerisierten GE vom Modell und arbeiteten ihn aus.

Als Schichtstärke wählten wir 8,5 mm (bei Pbn 1, 2, 3) bzw. 3,5 mm (bei Pbn 4, 5). Diese Werte entsprechen ebenfalls denen, die Z u m b a n s e n für den Langzeittest¹¹⁾ empfohlen hat. Dabei stellen 8,5 mm eine Dicke dar, die deutlich erfaßbare Abweichungen der Lautbildung hervorruft und die zugleich als maximaler Grenzwert toleriert wird; 3,5 mm stellen die Minimalschichtstärke dar, bei der noch eine Störung zu erfassen ist.

Zur Reduzierung des Kunststoffkörpers auf die gewünschte Schichtstärke bedienten wir uns zunächst des Symmetrographen, mit dessen Meßstift wir an der distalen Kunststoffwand diese Dicke markierten. Dazu wurde der Symmetrograph wie bei der Einstellung zum Zeichnen transversaler Gaumenkurven angeordnet. Mit dem Meßstift übertrugen wir zuerst die transversale Gaumenkurve, hier die untere Kante der distalen Kunst-

11) Siehe Abkürzungsverzeichnis S. 79

stoffwand, auf das eingespannte Millimeterpapier. Je nach der gewählten Schichtstärke gingen wir nun verschieden vor. Von Punkten gleichen Abstandes (1 mm) auf der Gaumenkurve verschoben wir den Meßstift jeweils um die festgelegte Distanz senkrecht zur Gaumenkurve - bei 3,5 mm senkrecht zur jeweiligen durch den Schleimhautpunkt gedachten Tangente; bei 8,5 mm senkrecht zur Okklusionsebene - an der distalen Wand aufwärts (Abb. 3). Dieses unterschiedliche Verfahren wählten wir, da bei einer Kunststoffdicke von 8,5 mm, besonders wenn ein hoher und enger Gaumen vorliegt, die Verwirklichung einer konstanten Schichtstärke klinisch nicht akzeptabel ist; die Zungenmobilität würde über das Maß eingeschränkt. Zudem würde das Ergebnis möglicherweise dadurch verfälscht, daß eine viel größere tatsächliche Störung resultiert, wenn sich die Plattenoberfläche dermaßen faltet, daß ihre gegenüberliegenden Hälften sehr nahe aneinanderkommen. Durch Verbindung der mit dem Meßstift des Symmetrographen erhaltenen Punkte ergab sich die gleichzeitig vom Millimeterpapier auf den Kunststoff zurückübertragene Schichtstärkenkurve.



a) Beispiel für 8,5 mm

b) Beispiel für 3,5 mm

Abb. 3: Mit dem Symmetrographen
erhaltene Schichtstärken

Anschließend suchten wir an der palatinalen Kunststofffläche den Schnittpunkt der RML¹²⁾ mit der RPT¹²⁾ auf; der auf das Modell aufgetragene rote Filzstift hatte sich im glasklaren Kunststoff abgedrückt. An diesem Punkt durchbohrten wir mit einem dünnen Rosenbohrer den Kunststoff senkrecht zur Okklusionsebene. Wir führten einen Draht, auf dem die Schichtdicke durch Abknickung markiert war, von palatinal ein. Okklusal wurde der Kunststoff mit einer Fräse bis zum oberen Drahtende abgetragen. Durch kontinuierliches, kleinstflächiges Abmessen mit der Mikrometerschraube und Abtragen mit der Fräse im Wechsel über den gesamten Bereich zwischen anteriorer Bohrung und posteriorer Markierung (Kurve) erhielten wir für den gesamten genannten Plattenabschnitt die durch die distale Kurve vorgegebene Schichtstärke. Abschließend wurde die Schichtdicke mit der Mikrometerschraube kontrolliert; die Abweichung betrug $\pm 0,5$ mm bei $3,5/8,5$ mm insgesamt. Von der RPT incisalwärts und am Plattenrand beiderseits okklusalwärts blieb der Einsatz abgeflacht, was sich daraus ergibt, daß der Kunststoff von vornherein nur bis zum Niveau der Okklusionsebene angefüllt worden ist.

Dann wurden die OK- und UK-Modelle in Okklusion gesetzt und hindernde Kunststoffanteile entfernt. Am Probanden überprüften wir schließlich die Ermöglichung der individuellen Okklusion¹³⁾ sowie Artikulation¹³⁾ und korrigierten gegebenenfalls dahingehend noch den Einsatz. Zum Schluß wurde die okklusale Kunststoffoberfläche mit Sandpapier geglättet und kurz mit Bimsstein bearbeitet (Abb. 5). Wir verzichteten auf die Hochglanzpolitur der Kunststoffplatten, denn auch K a i s e r (35)

12) Siehe Abkürzungsverzeichnis S.79

13) gnathologische Begriffe in der Zahnheilkunde

u.a. geben der matten Oberfläche den Vorzug auf Grund des besseren Haftvermögens, welches einen natürlichen Speichelüberzug gestattet. Speichelbeschaffenheit und Speichelfluß sind besonders für die Aussprache der Explosivlaute von Bedeutung. Diese Kunststoffeinsätze wurden dann mittels des eingearbeiteten Drahtgrundgerüsts am Oberkiefer reversibel so fixiert, daß exakter Randabschluß und ausreichende Haltefunktion gegeben waren; habituelle Okklusion¹³⁾ und Artikulation¹³⁾ blieben gewährleistet.

13) Siehe S.27

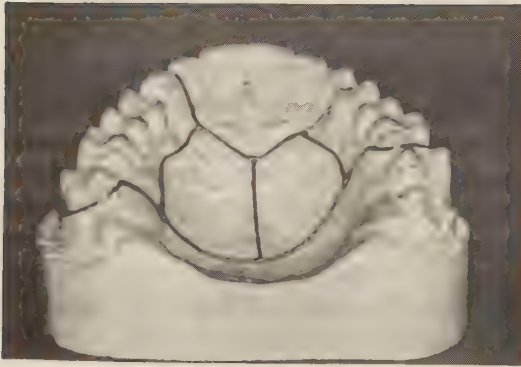


Abb. 4: Modell mit Drahtgerüst

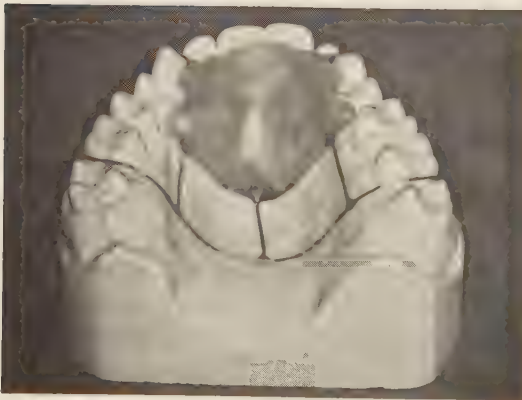


Abb. 5: Modell mit Gaumeneinsatz

3. Sprachaufnahme

a) Aufnahme- und Untersuchungsgerät

Als Aufnahme- und Untersuchungsgerät dienten uns wie auch
Z u m b a n s e n (80):

das Condenser Mikrophone U 67 (System Neumann Berlin) von
Telefunken, Übertragungsbereich 30-16000 Hz;

das Studio-Tonbandgerät Magnetphon M 5 A von Telefunken
mit Vollspurkopfträger, Bandgeschwindigkeiten 76 cm/s,
38 cm/s und 19 cm/s, Frequenzgang 40-15000 Hz $\pm$ 3 dB,
Dynamik $\geq$ 54 dB, Klirrfaktor $\leq$ 2,5%;

der Sonagraph 6061 A, bestehend aus Aufnahmeapparatur
(Magnetscheibe), Aufnahme-/Wiedergabeverstärker (Ana-
lysator) und Netzteil, Frequenzumfang 0-8000 Hz, Frequenz-
unschärfe 45 Hz oder 3,3 ms, Dynamik $\sim$ 10 dB,

und das Sonagram-Papier Type B/65, beide Firma Kay Electric
Co, Pine Brook, N.J., U.S.A.

Die Arbeitsweise des Sonagraphen besteht in Speicherung,
Wiedergabe, Filteranalyse und Faksimile-Aufzeichnung von
Sprachsignalen. Man erhält eine graphische Darstellung des
zeitlichen Verlaufs der spektralen Eigenschaften gesprochener
Laute (Visible-Speech-Verfahren nach P o t t e r et. al.
(55)/Die Abbildungen 6a, b zeigen den Sonagraphen und sein
Schaltungsprinzip).

Abb. 6: Der Sonagraph

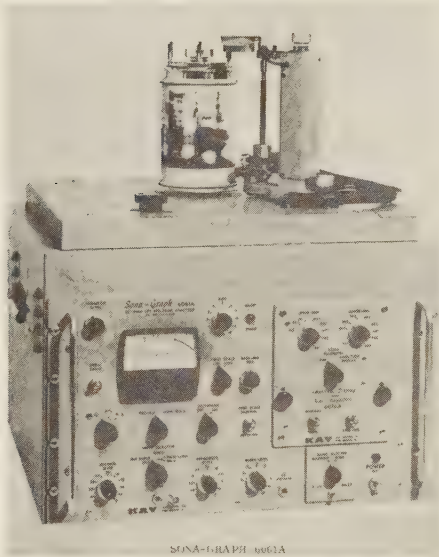


Abb. 6a: Sonagraph 6061 A
(Kay Electric Co, Pine Brook, N.J., U.S.A.)

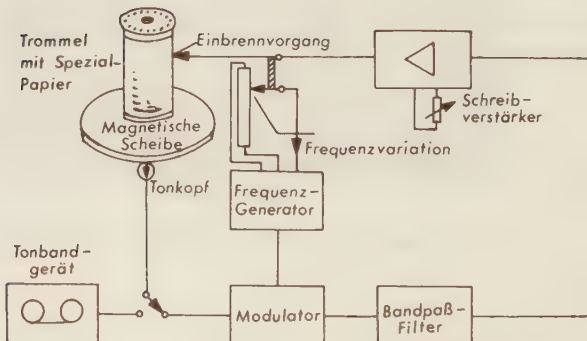


Abb. 6b: Schaltungsprinzip des Sonagraphen
(aus G o y d k e (22))

b) Probanden¹⁴⁾

Für unsere Untersuchungen stellten sich eine weibliche und vier männliche Versuchspersonen zur Verfügung. Es sind dies, bis auf zwei, dieselben Probanden, die sich auch den vorausgegangenen Experimenten von Z u m b a n s e n (80) unterzogen hatten. Sie waren daher über den Zweck der Versuche bereits unterrichtet. Zum besseren Verständnis der weiteren Arbeit soll die Kennzeichnung unserer Probanden hier noch einmal wiedergegeben werden:

Pb 1

Geschlecht:	männlich
Alter:	33 Jahre
Schulbildung: ¹⁵⁾	Volksschulabschluß
Beruf:	Hausmeister
Sprechfehler:	Sigmatismus
oraler Befund	Zahnschema: $\frac{87654321}{87654321} \frac{12345678}{12345678}$ 16)
Bißlage:	links neutral, rechts 1/2 distal
Bemerkung:	Kreuzbiß $\frac{5}{5}$ /, Mittellinienverschiebung von 1/2 Schneidezahnbreite (2 1/2 mm) nach rechts, Trema von 1 mm Breite zwischen <u>1/1</u>

14) Siehe Abkürzungsverzeichnis S.79

15) Der Bildungsgrad spielt bekanntlich bei der Umstellung der Lautbildung eine Rolle (S c h n e l l) und wurde daher auch von uns erfaßt.

16) Eine durchgestrichene Ziffer bedeutet das Fehlen des entsprechenden Zahnes.

Pb 2

Geschlecht: männlich
Alter: 26 Jahre
Schulbildung: ¹⁵⁾ Abitur
Beruf: Student der Zahnmedizin
Sprechfehler: -----
oraler Befund: Zahnschema: $\frac{87654321/12345678}{87654321/12345678}$ 16) 17)
Bißlage: links 1/2 distal, rechts 1/2 mesial
Bemerkung: frontaler Engstand im OK und UK

Pb 3

Geschlecht: weiblich
Alter: 27 Jahre
Schulbildung: ¹⁵⁾ Abitur
Beruf: Germanistin
Sprechfehler: -----
oraler Befund: Zahnschema: $\frac{87654321/12345678}{87654321/12345678}$ 16)
Bißlage: links 1/2 distal, rechts neutral
Bemerkung: geringer frontaler Engstand

17) Ein Pfeil bedeutet, daß die Zahnücke durch das
Nachrücken der distalen Nachbarzähne geschlossen ist.

Pb 4

Geschlecht: männlich
Alter: 26 Jahre
Schulbildung: ¹⁵⁾ Abitur
Beruf: Physikstudent
Sprechfehler: -----
oraler Befund: Zahnschema: $\frac{87654321/12345678}{87654321/12345678}$ ¹⁶⁾
Bißlage: neutral
Bemerkung: sehr kariesresistent

Pb 5

Geschlecht: männlich
Alter: 29 Jahre
Schulbildung: ¹⁵⁾ Abitur
Beruf: Student der Zahnmedizin
Sprechfehler: -----
oraler Befund: Zahnschema: $\frac{87654321/12345678}{87654321/12345678}$ ¹⁶⁾
Bißlage: neutral
Bemerkung: leichter frontaler Engstand im UK
rechts, omegaförmiger Zahnbogen
im OK links; Rhinitis am 6. Versuchstag

II. Versuchsdurchführung

1. Sprechproben

Z u m b a n s e n hat auf Grund seiner Versuchsergebnisse die Vokale als für den LZT ungeeignet bewertet und unter den Konsonanten nur bestimmte Gruppen als geeignet befunden: Frikative, das sind speziell die Zischlaute, und Explosive. Darin geht er mit vielen anderen Autoren wie K o b e s (38); M ü h l h a u s e n, L i e b (50); R e i c h e n b a c h, N a d o l e s z n y, M e d e r (56); R e u m u t h (59) konform, die vor allem diese Laute als ziemlich störanfällig befinden.

Für die Sprechproben können Kunstwörter (bedeutungslose Einzellaute oder Lautgruppen, die für die jeweilige experimental-phonetische Untersuchung gerade am günstigsten erscheinen), sprachübliche Verbindungen oder sinnhafte Aussprüche gewählt werden. Lautspielereien mit rhythmischer Wiederkehr des zu untersuchenden Lautes beziehungsweise mit der Folge zu differenzierender Laute sind gut geeignet (W u l f f (78)).

Wir haben für den LZT folgenden Testsatz (Testwörter und Testlaute unterstrichen) zusammengestellt:

Susi ist süß, denn sie ißt gern Katzenschwanz;
heute ist sie neugierig auf ihren Spitzendienst.

Es sind darin die Frikative [s], [z], [ʃ] und die Explosive [t], [d], [g], [k], [ç] enthalten. (Soweit Affricate vorliegen, haben wir sie den Bestandteilen entsprechend in die beiden genannten Gruppen aufgeteilt.)

Die Gruppe [s], [z], [ʃ] stellt die zwischen Zungenspitze und Zähnen stimmhaft bzw. stimmlos gebildeten Reibungslaute dar. [t], [d] stellen zwischen Zungenspitze und Alveolen stimmhaft bzw. stimmlos gebildete und [g], [k], [ç] zwischen Zungenrücken und Gaumen stimmhaft bzw. stimmlos gebildete Verschlusslaute dar (vgl. hierzu Abb. 7).

Einen Testsatz wählten wir, da der Text gleichzeitig rhythmisch-melodische Elemente enthält und daher nach Meinung F ö r s t e r s (19) eher geeignet ist, die Aufmerksamkeit

des Sprechers von den zu testenden Lauten und Lautfolgen weg auf die Realisierung des Satzganzen zu lenken. Früher war man darauf angewiesen, isolierte Laute zu analysieren; heute ist es möglich, anhand von Spektrogrammen die Lautbildung im normal fortlaufenden Sprachfluß zu untersuchen.

H a z e n (28) berichtet, daß die Frage der Verwendung von Einzellauten oder fortlaufenden Texten von verschiedenen Autoren verschieden beantwortet wird. K e r s t a zum Beispiel kommt bei beiden zu gleichen Ergebnissen, während S t e v e n s bei Verwendung von Testsätzen eine geringere Fehlerquote findet. K o b e s (38) erwähnt die größere Störanfälligkeit von Wortkomplexen gegenüber Einzellauten. U n g e h e u e r (in 22) fordert, in jedem Fall nur Kontext mit Kontext und isolierten Laut mit isoliertem Laut zu vergleichen, und H a z e n empfiehlt Sprechproben gleichen Textes und entsprechender Länge bzw. Sprachdauer für den visuellen Vergleich.

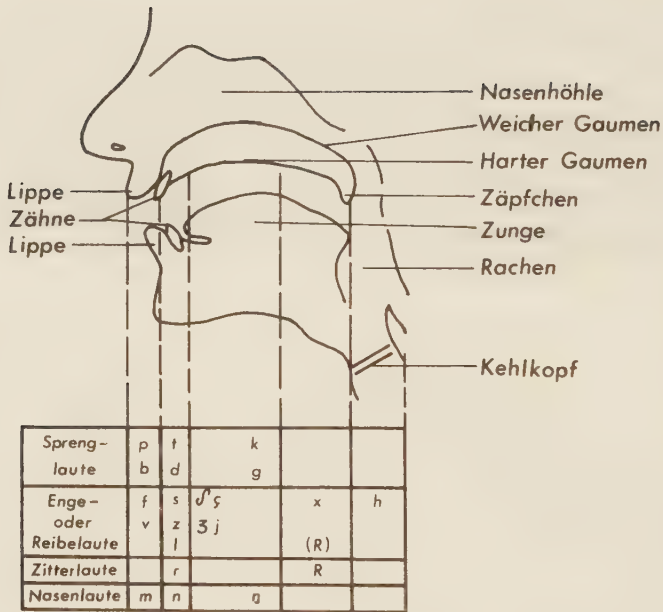


Abb. 7: Artikulationsgebiete der Konsonanten
(nach W u l f f (78), vereinfacht)

2. Versuchsort

Die Experimente begannen ursprünglich in Zusammenarbeit mit Z u m b a n s e n (80) in der Sprachabteilung der Hals-Nasen-Ohren-Klinik der Universität Marburg, unter Leitung von Prof. Dr. E. S c h ö n h ä r l, und mußten dann aus apparativen Gründen zur Abteilung Phonetik des Forschungsinstituts für deutsche Sprache "Deutscher Sprachatlas" der Philipps-Universität Marburg/Lahn, Leitung Prof. Dr. J. G ö s c h e l, verlegt werden. Die Sprechproben unseres LZT sind von Herrn Toningenieur H. H o p f in dem dortigen Tonstudio aufgenommen worden. Die technische Durchführung der Tonbandaufnahmen und die Anfertigung der Sonagramme wurden von der Abteilung Phonetik übernommen.

Vorausgehend wurden Sprechproben ohne Gaumeneinsatz aufgenommen, um den Vergleichswert mit ungestörter, gewohnheitsmäßiger Sprache eines jeden Probanden zu erhalten. Die Versuchsperson befand sich dazu in einer "camera silens", das ist ein reflexionsarmer und nach außen isolierter Raum, ca. 0,5 m vom fixierten Mikrophon entfernt. Diese Aufnahmetechnik erfüllt die von K a l l e n b a c h und S c h r ö d e r (36) aufgestellten Bedingungen. Auf ein Zeichen hin sagte der Proband zunächst seinen Namen und das Datum, währenddessen die Aufnahmegeräte vom Toningenieur angesteuert werden konnten, und sprach anschließend den Testsatz. Sprechgeschwindigkeit und Lautstärke wurden durch Vorsprechen vereinbart. So ist die von F ä h r m a n n (17) und auch von L o e b e l l (43) erwähnte Erhöhung des individuellen Spannungsgrades, wie sie durch Modifikationen der Stimme und der Sprechweise auftritt, unseres Erachtens zu vernachlässigen. Am ersten Versuchstag wurden den Probanden die Gaumeneinsätze im Tonaufnahme-Studio eingesetzt. Sodann erfolgte die erste Aufnahme mit GE.

3. Versuchszeit

Die Versuche an den Pbn mit 8,5 mm dicken GE fanden vom 18. - 29. Juni 1974 und die an den Pbn mit 3,5 mm dicken GE vom 4. - 15. November 1974 statt. Der Versuchsablauf ist protokollarisch festgehalten worden. Die Probanden kamen täglich gegen 8.30 Uhr $\pm$ 1 Stunde nacheinander in das Tonstudio der Phonetischen Abteilung und sprachen dort unter der Anleitung des Toningenieurs in der oben beschriebenen Weise den Testsatz ins Mikrofon. Die Pbn 1, 2, 4, 5 haben den Gaumeneinsatz zwölf Tage, die Pb 3 zehn Tage lang getragen. Sie hatten sich bereit erklärt, die Einsätze Tag und Nacht durchgehend einzubehalten und sie nur beim Essen und dem anschließenden Reinigen herauszunehmen. Ansonsten gingen sie ihren gewohnten Beschäftigungen nach, schliefen und nahmen die Mahlzeiten wie üblich. Für eine Ausdehnung der Versuchszeit auf vierzehn Tage (d.h. zugleich über ein weiteres Wochenende), eine Dauer die K l i n k e r (37) empfiehlt, waren die Probanden beim besten Willen nicht zu gewinnen.

Wir haben darauf verzichtet, mehrmals am Tage Sprechproben aufzunehmen und damit tageszeitliche Schwankungen der Lautbildung zu analysieren. Die von uns untersuchten phonetischen Qualitäten (s.u.) unterliegen, im Unterschied zum Klang, dem insbesondere für Vokale entscheidenden Zusammenspiel zwischen Grundton und Obertönen, keiner circadianen Rhythmik. R e u m u t h (59) hat elektro-akustische Klanganalysen durchgeführt und herausgefunden, daß es durch Prothesen zu keiner Klangbeeinträchtigung kommt. Auch existiert nach unseren Erkundigungen in Marburg kein Gerät, mit dem die tageszeitliche Schwankung der Phonation gemessen werden kann.

III. Technik der Auswertung

Es gibt verschiedene Verfahrensweisen zur Erfassung der Produkte der Sprachlautbildung. Wir haben drei gebräuchliche Methoden unabhängig voneinander angewendet und insgesamt ausgewertet.

1. Auditive Methode

Die auditive Methode beschränkt sich auf das Abhören der von den Probanden auf Tonband gesprochenen Testsätze und den auditiven Vergleich der Aussprache jedes Testwortes vom ersten bis zum letzten Versuchstag mit seinem Ausgangswert¹⁸⁾. Die Beurteilung der Veränderung in der Lautbildung wurde von zwei Testern durchgeführt, wobei selbstverständlich habituelle Besonderheiten der Probanden (siehe Beschreibung der Pbn) berücksichtigt und im Protokoll festgehalten wurden. Die Tester benutzten dabei das "International Phonetic Alphabet (German Version)"¹⁹⁾, die von der Association Phonétique Internationale¹⁹⁾ empfohlene phonetische Transkription, deren Regeln zum Beispiel R i c h t e r (60) zusammengefaßt und die auch M e y e r - E p p l e r (48) beschrieben hat. Diese Zeichenliste besteht aus einer Reihe von Zuordnungen graphischer Konfigurationen (Lautsymbole) zu den einzelnen Schallsignalen bzw. ihrem optischen Abbild (vgl. Abb. 1). Demgemäß schreibt sich unser Testsatz (TW in Umschrift, TL unterstrichen):¹⁹⁾ [z u z i] ist [z y s], denn sie ißt gern [katsʌnʃvants]; heute ist sie [nɔʊgɪRɪg] auf ihren [ʃpɪtsʌndɪnst]. Jedes im TS¹⁹⁾ enthaltene TW¹⁹⁾ wurde durch mindestens dreimaliges, in Zweifelsfällen häufigeres Abhören dem gehörmäßigen Eindruck der Tester zufolge auf Abweichung von oder Übereinstimmung mit dem jeweiligen Ausgangswert¹⁸⁾ überprüft.

18) Ausgangswert ist nicht zwingend die regelrechte und allgemeingültige Aussprache des Hochdeutschen, sondern jeweils die vom Probanden aufgenommene individuelle Sprechprobe ohne GE, die seine ungehinderte habituelle Aussprache aufzeichnet.

19) Siehe Abkürzungsverzeichnis S. 79

Legende zu Tabelle 1

Tabelle 1	zeigt ein exemplarisches Protokoll der auditiven Auswertung.
Jede Zeile	enthält für einen Test (ein Testwort) folgende Angaben:
Spalte 1	den Sonagramm-Schlüssel, zusammengesetzt aus den fortlaufenden Nummern für Sprecher/Testwort/Versuchstag.
Spalte 3	den Ausgangssprechbefund bzw. die Abweichungen davon.
Spalte 5	das positive Symbol + in dem Fall, da für den entsprechenden Test keine Abweichung vom Ausgangswert vorliegt.

Es finden die Grundzeichen (GZ) der API und z.T. davon abweichende, im folgenden erläuterte Diakritika bzw. Zusatzzeichen eigener Definition Verwendung:

Sigmatismus	(unter dem GZ)	;
Tendenz zum lateralen Frikativ oder Entlabialisierung	(unter dem GZ)	~
Zweifelhafte auditive Wahrnehmbarkeit	(hinter dem GZ)	?
Zwei zugleich gesprochene, d.h. auditiv nicht zeitlich trennbare Laute	(zwischen den GZ)	/

Jedes phonetische Zeichen oder die Zeichen im Zusammenhang (Wort) steht innerhalb

[]

Tab. 1: Exemplarisches Protokoll der auditiven Auswertung

Test-Nr.	Zählwerk-Nr.	Befundabweichung	Bemerkung	Adaptation
2'1/0		[ʃuʒi]	S-Laute scharf und mit stärkerem Reibegeräusch	
2'3/0		[ʃys]	gesprochen	
2'8/0		[katsənʋants]		
2'12/0		[nøøgiriɔ]		
2'15/0		[ʃpɪtsəndɪnst]		
2'1/9	090			
2'3/9				
2'8/9		[katʃənʋants]		
2'12/9				+
2'15/9		[ʃpɪtsəndɪnst]	2. S-Laut mit Reibegeräusch gesprochen	

Die so ermittelten Übereinstimmungen wurden der Übersicht wegen tabellarisch festgehalten (Tab. 1).

In die Tabelle trugen wir zunächst alle TW, so wie sie die einzelnen Pbn ohne GE gesprochen hatten, in phonetischer Umschrift ein. Bei den weiteren Sprechproben (mit GE) nahmen wir jedesmal dann eine Eintragung vor, wenn wir eine Abweichung vom entsprechenden Ausgangswert feststellen konnten, die wir zu definieren bzw. zu charakterisieren vermochten. Hierzu dienten uns zum einen die Zeichen aus dem Transkriptionsinventar der API zuzüglich einiger eigener Ergänzungen, die in der Legende zur Tabelle erläutert sind. Zum anderen verwendeten wir zur deskriptiven Kennzeichnung von Laut- bzw. Sprechabweichungen folgende Begriffe: scharf gesprochen; mit Reibegeräusch gesprochen; gespreizt gesprochen, kloßig gesprochen.

Weitere Unterscheidungen wurden nicht getroffen und somit die diesbezüglich vermittelten Kenntnisse von C h o m s k y, H a l l e (erwähnt in 34); S h a r f (66); S t r e - v e n s (69) nicht angewendet. Unberücksichtigt blieben auch prosodische Merkmale wie Akzentuierung, tonale Gestaltung und rethorische Gestaltmittel wie Rhythmik, Melodik, temporale Gestaltung. Jedes TW, für das keine Abweichung ausgemacht werden konnte, wurde mit einer positiven Wertigkeit in der Tabelle vermerkt. Zum Schluß wurden die positiven Werte ausgezählt und ihre Verteilung je Proband auf die einzelnen Versuchstage analysiert.

Die auditive Methode verfolgten wir als den beiden anderen primär gleichgestelltes Verfahren, da keine phonetische Sprach- bzw. Sprechuntersuchung ohne sie auskommen kann (G ö s c h e l, mdl.) und zudem, um die Möglichkeit einer an der klinischen Effektivität orientierten Überprüfung der physikalischen Sprachzerlegung zu haben. Auch H a z e n (28) und S t e v e n s (68) weisen besonders auf den

phonetischen Wert und die Unerläßlichkeit der auditiven Methode hin, desgleichen B a r t k o w i a k (6) in Hinsicht auf prothetische Belange. Gleichwohl ist diese Methode, zumindest so wie von uns ausgeführt, von vornherein benachteiligt, da die auditive Analyse sehr auf das Gedächtnis des Abhörenden mitangewiesen ist und da mit ausreichender Aussagekraft nur ganze Wörter verglichen werden können. Der Hörer nimmt die zu untersuchenden Laute nicht als isolierte akustische Ereignisse auf, sondern verarbeitet sie vielmehr in Abhängigkeit von seiner linguistischen Fertigkeit (F ö r s t e r (19)). Es ist bisher jedoch nicht gelungen, angewandte Kriterien so konkret zu fassen, daß man ein Übungsprogramm bzw. eine Vorschrift zur Prüfung der Leistungsfähigkeit des Hörers definieren könnte. Über den umfangreichen Merkmalskatalog von F ä h r m a n n (17) für den von uns nicht durchgeführten Stimmenvergleich hinaus bestehen keine einheitlichen Richtlinien. R i c h t e r (60) teilt überdies mit, daß die auditive Beurteilung der Konsonanten, die von uns vorgenommen wurde, mit einem geringeren Maß an Unsicherheit und Unbestimmtheit behaftet ist als die auditive Vokalbeurteilung.

2. Sonagraphisch-qualitative Methode

Aus den oben angeführten Überlegungen heraus ergänzten wir die auditive Methode zur Erfassung unserer Versuchsergebnisse zunächst durch eine visuelle Methode. Dieses Verfahren besteht im Sichtvergleich der Sonagramme je eines Probanden mit dem zugehörigen Ausgangssonagramm²⁰⁾. Hierbei wurde nicht gemessen, sondern dem äußeren Eindruck entsprechend verglichen, was mit Hilfe der Sonagramme sehr gut möglich ist, da sie ja "visible speech" darstellen. Einem Film ähn-

20) Vgl. Anmerkung 18, S. 40

lich ist die Sprache sichtbar festgehalten und sind ihre einzelnen Bestandteile in kontinuierlicher Aufeinanderfolge auszumachen (Abb. 8). Als Kriterium für die Beurteilung hinsichtlich Übereinstimmung bzw. Abweichung diene uns die "aspect ratio"²¹⁾ eines jeden Laut-Sonagramms.

K e r s t a (in 22), der sich auch mit den von uns nicht verwendeten Kontursonagrammen beschäftigte, hat als erster visuelle Vergleiche vorgenommen und unterschied dabei zwei Arten des Vorgehens, das Sortierexperiment, wobei der Untersucher eine größere Anzahl von Sonagrammen in so viele Gruppen einteilen muß, wie Sprecher beim Experiment beteiligt sind, und das Vergleichsexperiment, wobei ein Sonagramm eines Wortes von einem Sprecher mit je einem Sonagramm des gleichen Wortes von einer Reihe von Sprechern verglichen wird.

Wir haben die jeweils zu vergleichenden Sonagramme untereinander gelegt und dann versucht, die "aspect ratio" des zu bewertenden Lautbildes mit derjenigen des zugehörigen Ausgangswertes in der Vorstellung zur Deckung zu bringen ("matching-from-sample-procedure"). Resultierende über- oder unterschüssige Anteile sowie eingeschlossene Energieverlagerungen sahen wir als Abweichungen an. Unter Berücksichtigung der relativen Vergleichsmöglichkeit erkannten wir den Lauten mit den geringsten und unseres Erachtens vertretbaren Abweichungen positive Wertigkeit zu.

Auch die qualitative Auswertung haben wir in Form von Tabellen protokolliert (Tab. 2). Darin verzeichneten wir jeden einzelnen TL (mit übergeordneter Angabe von TW, VT, Pb).²²⁾ Es wurde sonagraphisch, anders als auditiv, jeder TL auf Adaptation hin untersucht und bewertet. Im Falle einer Übereinstimmung bzw. einer starken Annäherung an den entsprechenden Ausgangswert trugen wir für den Laut eine positive Wer-

21) Nach P o t t e r (55), M e y e r - E p p l e r (48) das bildliche Verhältnis zwischen Höhe und Breite des Lautbildes; wir rechneten auch die darin enthaltene Energiestruktur hinzu.

Fortsetzung S.46

22) Siehe Abkürzungsverzeichnis S.79

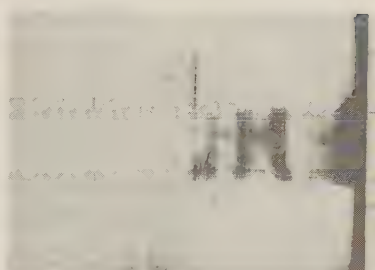
Abb. 8: Sonagramm-Beispiele

Pb 2/TW "Susi"

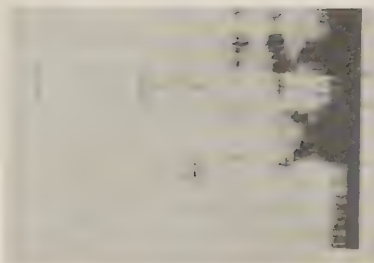
Pb 5/TW "süß"



6. Tag



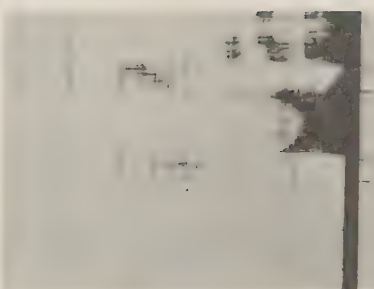
9. Tag



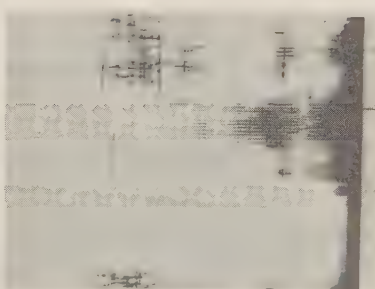
3. Tag



6. Tag



ohne GE



ohne GE

21) Fortsetzung v. S. 45

In "Voice Identification Research" (in 22) werden als anwendbare Kriterien aufgeführt: Lage, Struktur und Energieverteilung im Zeitverlauf der einzelnen Phoneme, Eigentümlichkeiten von Lautanteilen zwischen den Formanten, wie z.B. der Einsatz der Stimmlippenschwingung vor der Verschlussöffnung (das entspricht möglicherweise der OP (s.u.)) und die Strukturen der gesamten spektralen Darstellung. Nach G o y d k e (22) besteht kein einheitliches, den Auswertungen zugrunde zu legendes System von Beschreibungsmerkmalen.

Legende zu Tabelle 2

Tabelle 2	zeigt ein exemplarisches Protokoll der sonagraphisch-qualitativen Auswertung.
Spalte 1	enthält die Sonagramm-Schlüssel (s.o.)
Spalte 2	enthält die bewerteten Testlaute, wiedergegeben in phonetischer Transkription, wie sie im auditiven Ausgangsbefund ermittelt worden sind.
Spalte 3	enthält die Angabe der auf Sprachadaptation bezogenen Bewertung an den einzelnen Versuchstagen mittels des positiven Symbols +.

tigkeit in die Tabelle ein. Zum Schluß zählten wir ebenfalls die positiven Werte aus und verteilten sie im Verhältnis ihrer Häufigkeit auf die Versuchstage.

Der Anwendungsbereich unserer Methode liegt in der qualitativen Beurteilung des Gestaltcharakters, der sonagraphisch in Form einer komplexen Aussage über Ausdehnung, Verteilung und Dichte der Spaktrallinien für jeden Sprachlaut wiedergegeben ist. Die komplizierte Struktur der Sprachsignale kann besonders gut aus ihrer optischen Darstellung in "visible speech" - Diagrammen entnommen werden. Von einigen Autoren wird die "visible speech" deswegen auch mit "voice prints" verglichen (vgl. Abb. 8). Dabei zeigen sich beträchtliche Variationen des spektralen Verlaufes innerhalb der einzelnen Sprachimpulse, die darauf beruhen, daß sich die Lauterzeugung aus der Kinematik der Sprechorgane herleitet. Auf den qualitativen Sonagrammvergleich haben neben H a z e n (28) und S t r e v e n s (69) auch K e r s t a (in 68) und S h a r f (65) als im Vergleich zur auditiven Methode objektiveres Verfahren hingewiesen.

Eine Forschungsgruppe der Michigan State University, U.S.A., bediente sich für ihr Großprojekt "Voice Identification Research" (in 22), ebenfalls dieser Methode; 35.000 Identifizierungsexperimente ergaben eine Trefferrate von durchschnittlich 90%. S t e v e n s (68), Y o u n g und C a m p b e l l (in 68) geben weit geringere Werte an, das gilt allerdings für Untersuchungen mit Vokalen.

"Die Frequenzanalysen können keineswegs das geschulte Ohr des Untersuchers ersetzen, ermöglichen es aber, den subjektiven Höreindruck durch ein objektives Spektrogramm zu ergänzen", sagt B ö h m e (7) und zitiert F l a c h, der parallel hierzu in der Inneren Medizin die Phono-kardiographie nicht als Ersatz, sondern als Ergänzung zur Stethoskopie und Auskultation des Herzens beurteilt.

Mit der sonagraphisch-qualitativen Methode ist dem auditiven in visuelles, gleichfalls eigenständiges Verfahren zur

Seite gestellt, das zwar auch mit subjektivem Aussagewert behaftet ist, das jedoch den Vorteil der Einzellautanalyse aufweist und zugleich einen optischen Nachweis bietet.

3. Sonagraphisch-quantitative Methode

Das objektivste der drei angewandten Verfahren zur Beurteilung der Sprachlautabweichung durch Gaumeneinsätze ist die sonagraphisch-quantitative Methode. Sie zeigt nach *S t e v e n s* (68) die größte Zuverlässigkeit, da hierbei die Ergebnisse in weit geringerem Maße in Abhängigkeit vom jeweiligen Untersucher variieren als bei der auditiven oder der visuellen Methode.

Der jedem Laut zuzuordnende Gestaltcharakter wurde in seine einzelnen Bestandteile aufgegliedert und das Sprachsignal auf folgende physikalische Eigenschaften hin untersucht: Frequenz, Intensität, Phonationsdauer. Dazu haben wir die Frequenz insgesamt (Minimal- bis Maximalwert), die Intensität in Form der Energieverteilung innerhalb der Gesamtfrequenz und die Phonationsdauer als Zeitstrecke direkt auf dem Sonagramm, unter Verwendung von Hilfslinien, gemessen (Abb. 8). Das Sonagramm hat die Ordinate als Frequenzachse, die Abszisse als Zeitachse und den Schwärzungsgrad der Inskriptionen als Ausdruck der Intensität. Die Spektralintensität ist ein Maß für den Schalldruck, vermittelt durch die Filterausgangsspannung des Sonographen. Der Grad der Intensität und ihre Verteilung auf das Spektrum als Energiekonzentrationen - bei den Vokalen als Formanten definiert - wird durch den Schwärzungsgrad der Inskriptionen (das sind Spirallinien) wiedergegeben.

W i n c k e l (in 44) definiert: die Formantfrequenz ist das Gravitationszentrum des spektralen Profils.

S t u m p f (70) bevorzugt den Ausdruck Formantgebiet, da die Formanten verschieblich sind, und sieht darin den lautspezifischen Teiltonbereich. Ihrem zusätzlichen Geräuschcharakter entsprechend sind die Konsonanten aus mehreren übereinander liegenden Teiltongruppen zusammengesetzt. Dabei bestimmen besonders intensive Teiltongruppen den Lautcharakter.

Der Frequenzumfang ist in der vorliegenden Untersuchung auf 0-8000 Hz eingestellt worden; daraus resultiert eine Zeitdauer von 1,1 sec. pro Sonagramm.

Nach T r e n d e l e n b u r g (73) ist bei Untersuchungen von Konsonanten, speziell den Frikativlauten, vornehmlich der obere Tonfrequenzbereich über 5 kHz zu berücksichtigen. B r a h m (8) gibt als Hauptfrequenzen für [S] 7500 Hz an und für [Z] wie für [ʃ] ebenfalls mehr als 5000 Hz. Bezüglich der Phonationsdauer gibt G o y d k e (22) für stimmhafte Laute 4 bis 30 ms und für stimmlose Laute 60-120 ms an. Die Vokaldauer liegt im Bereich zwischen 10 und 300 ms.

M e y e r - E p p l e r (48) weist auf folgende wichtige Gesetzmäßigkeit hin: je kürzer das Analysenintervall²³⁾ im Diagramm ist, desto genauer kann man das Auftreten einer bestimmten Frequenz zeitlich lokalisieren, desto ungenauer wird aber die Bestimmung dieser Frequenz.

Diese Regel läßt sich auch umkehren, es gilt die Unschärfe-Relation $t \cdot f \sim 1$

t = zeitliche Unschärfe

f = frequenzmäßige Unschärfe

-
- 23) Bei der Spektralanalyse von Sprache sind Spektren von Interesse, die endlichen Zeitabschnitten z.B. von der Dauer einzelner Laute zugeordnet sind. Ein solcher Zeitabschnitt entspricht einem Analysenintervall, welches nicht nur die zeitliche, sondern auch die frequenzmäßige Auflösung der Analysen bestimmt.

Dem Visible-Speech-Gerät (Sonagraph) haftet bereits eine Frequenzunschärfe von 45 Hz bzw. 3,3 ms an. Nach einer Eichmessung mit definierten Schallqualitäten fertigte die Abteilung Phonetik für den Frequenzbereich 0-8 kHz eine Meßskala an (Abb. 9), nach dem Vorbild der von der Firma Kay Electric Co gelieferten Meßskala (bis 4 kHz), die Z u m - b a n s e n (80) zur Untersuchung der Vokale benutzt hat. Die relativ und nicht absolut konstante selektive Frequenzbandbreite ergibt dabei zwangsläufig einen logarithmischen und nicht linearen Maßstab.

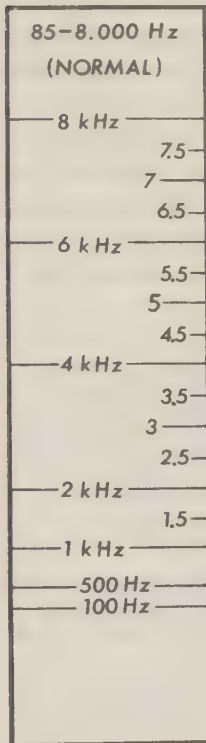


Abb. 9: Frequenz-Meßskala

Sämtliche Frequenzwerte haben wir als ganzzahlige Vielfache von 0,1 kHz abgelesen. Die Phonationsdauer stellt sich als Strecke dar, die zunächst mittels Lineal in Millimetern, auf 1 mm genau, gemessen und dann in Millisekunden übertragen wurde. Zusammenfassend sind die untersuchten Variablen und die Einheiten ihrer Meßwerte in der Legende zur Tabelle 3, mit der wir die quantitative Auswertung protokolliert haben, aufgeführt. Gemessen wurden die jeweils einem Testlaut zuzurechnenden Werte. Dazu teilten wir das Sonagramm, auf dem ein Kontinuum von Sprachsignalen dargestellt ist, in die einzelnen aufeinanderfolgenden Phoneme ein. Dieser "mathematische Eingriff" ist allerdings kein exakter Meßvorgang im streng naturwissenschaftlichen Sinne, sondern beinhaltet ein gewisses Maß an Interpretation; deswegen wird diese Methode auch nicht unabhängig von der qualitativen zu beurteilen sein. Es besteht ein Unterschied zwischen Diagrammbeschreibung und Diagramminterpretation. Eine eindeutige, unverrückbare Abgrenzung der einzelnen Laute über den gesamten Frequenzbereich hinweg, so daß absolute Meßwerte resultierten, ist nicht möglich, vielmehr erhalten wir relative Werte für jeden Laut.²⁴⁾

"... nos "sonagrams" ne permettent pas de l'étudier de façon absolue, ..." (D i l l e n s c h n e i d e r (13))

Nach G ö s c h e l ist oft zwischen zwei Lauten eine Übergangsspanne anzusetzen, die man weder dem einen noch dem anderen Laut eindeutig zuordnen kann. Wir sind derart verfahren, daß wir diese Strecke immer gleichmäßig auf den vorangehenden und den nachfolgenden Laut verteilt haben.

24) Eine eingehende Darlegung der komplizierten Verhältnisse und der Schwierigkeiten bei der mathematischen Segmentierung menschlicher Sprache findet sich bei D a m m a n (11).

Zur Methode des Ausmessens sei folgendes gesagt:

Sowohl zur Abgrenzung der einzelnen Laute voneinander als auch zur Verdeutlichung der minimalen und maximalen, des weiteren der intensiveren Frequenzen wurden in die Sonagramme Hilfslinien eingezeichnet. Wir haben die Lautgrenze, wie angedeutet, jeweils in der Mitte der Zwischenlautstrecke angesetzt, das hat auch Z u m b a n s e n beschrieben, die höchsten und niedrigsten Frequenzen soweit sie noch sichtbar waren miteinbezogen und von den intensiveren Frequenzen jeweils das Zentrum, also einen Mittelwert gemessen (Vgl. Abb. 8). Im Unterschied zum Vorgehen Z u m b a n s e n s (80) haben wir nicht alle Hauptfrequenzen gemessen, da nicht immer eindeutig Haupt- gegen Nebenfrequenzen abzugrenzen sind. Vielmehr wurden alle Frequenzwerte mit höherer als der durchschnittlichen relativen Energiekonzentration bestimmt. Damit untersuchten wir zugleich die Intensität in ihrer jeweiligen Verteilung und verzichteten darauf, den Intensitätsgrad über die gesamte Fläche des Frequenzbereichs in stark, mittel oder schwach einzustufen.

Die von Z u m b a n s e n isoliert gemessene Okklusionspause²⁵⁾ vor Explosivlauten haben wir außer acht gelassen. In den sehr seltenen Fällen, wenn sie nicht rein, sondern durch deutlich wiedergegebene Geräusche gestört war, haben wir sie vom folgenden Laut nicht sicher trennen können und sie ihm deshalb zugerechnet. Das Messen der OP zeigte sich bei Z u m b a n s e n als ziemlich schwierig und interpretationsbedürftig. Wir nehmen an, daß ihre zuweilen beobachtete stärkere Störung auch auf den Gaumeneinsatz zurückgeführt werden kann.

25) Die Okklusionspause vor Explosivlauten ist eine Phonationspause, in der der zur Überwindung des Lippenschlusses nötige Schalldruck im Ansatzrohr erzeugt wird. Auf dem Sonagramm stellt sie sich bei nicht beeinflusster Lautbildung normalerweise als nicht geschwärzte "leere" Fläche vor dem Explosivlautstrich dar.

Nach S t r e v e n s (69) können die Frikative durch Angabe der oberen und unteren Frequenzgrenzen, des Vorhandenseins oder Fehlens von Energiekonzentrationen, der relativen Intensität der Laute beschrieben werden. Er stellt eine "relative intensity"-Skala mit den Kategorien "low, high, medium", und eine "spectrum length"-Skala mit den Kategorien "long, short, medium".

H u g h e s und H a l l e (34) unterscheiden die untersuchten Konsonanten auf Grund von Intensitätsdifferenzen, wobei nicht der Intensitätsgrad, sondern die Energieverteilung auf die verschiedenen Frequenzbereiche relevant ist ("frequency position of the most prominent energy density maximum in each spectrum").

M o n n i n (49) hat bei der Untersuchung spektrographischer Darstellung, wo die Intensität als Amplitude aufgezeichnet ist, "center clipping", d.i. die Eliminierung des mittleren Anteils des Lautspektrums, so daß nur die "peaks of the signal" erscheinen, angewendet. Somit hat er unseres Erachtens auch die Frequenzwerte der höheren Energiekonzentrationen ausgewertet.

L i n d b l o m (42) beschreibt eine Methode, bei der ebenfalls Hilfslinien für die Begrenzung der Laute und für die Hauptfrequenzen gezogen werden. Allerdings werden dann nicht die Frequenz-Mittelwerte angegeben, sondern es wird in einem etwas komplizierteren Verfahren die jeweilige Differenz zwischen dem Frequenzwert im stationärsten Bereich der Hauptfrequenz und dem Frequenzwert am Lautende derselben Hauptfrequenz errechnet.

Wir sind der Methode Z a l e s k i s (79) gefolgt und haben den Mittelwert der markantesten Frequenz und bei zwei dicht beieinanderliegenden markanten Frequenzen den Mittelwert aus beiden gemessen. Darüber hinaus haben wir für mehrere beieinanderliegende Hauptfrequenzen ihren gesamten Bereich angegeben.

Anhand der tabellarisch gesammelten Meßwerte wurden die einzelnen Sonagramme (1. bis 12. Tag) diesmal quantitativ mit dem jeweiligen Ausgangssonagramm²⁶⁾ verglichen. Der

26) Vgl. Anmerkung 18, S.40

quantitative Vergleich der ausgemessenen Lautbilder wurde inhaltlich analog zum qualitativen, allerdings rein rechnerisch durchgeführt. Es wurden jeweils die Differenz der Gesamtfrequenzen und der Phonationsdauer sowie die errechneten Unterschiede intensiverer Energieverteilungen für die Beurteilung herangezogen. Damit konnte den zwei vorwiegend subjektiven Auswertungsverfahren eine dritte weitgehend objektive Methode hinzugefügt werden.

"Im allgemeinen handelt es sich bei den subjektiven Beobachtungen um eine nur flüchtige Beobachtungsmöglichkeit während des Ablaufens eines Versuches. Bei der Experimentalphonetik dagegen wird der Vorgang in eine meßbare Funktion einer meßbaren veränderlichen Größe verwandelt; er kann sogar, wenn notwendig, durch mehrere gleichzeitige Funktionen hergestellt werden, deren jede einem der mitarbeitenden Faktoren entspricht" (L o e b e l l (43)). Derselbe: "Die Leistungen der Sinnesorgane sind oft die notwendige Vorbedingung für die richtige Deutung experimenteller Ergebnisse".

Legende zu Tabelle 3

Tabelle 3	zeigt ein exemplarisches Protokoll der sonagr.-quantitativen Auswertung.
Spalte 1	enthält die Sonagramm-Schlüssel (s.o.) und die untersuchten Laute.
Spalte 2	enthält folgende Symbole für die zu messenden Größen, die Variablen eines Sonagramms: PH für die Phonationsdauer FB für den gesamten Frequenzbereich Fi für die FB-Anteile gesteigerter Intensität
Spalte 3	enthält die gefundenen Meßwerte für jeden der Versuchstage, dabei sind PH in ms FB in kHz Fi in kHz angegeben. Die PH-Werte wurden auf dem Sonagramm in mm gemessen. Die Sonagrammlänge war auf 1,1 Sekunden geeicht. Die ganzzahligen mm-Beträge wurden in ms umgerechnet und in die Tabelle eingetragen, $1 \text{ mm} \hat{=} 3,6 \text{ ms}$. Das eingetragene Symbol - bedeutet für PH < 3,6 ms FB nicht die Grundswingungen überragend Fi Fehlen intensiverer FB-Anteile.
Jede Zeile	enthält diese Angaben für einen Testlaut, stellvertretend durch den entsprechenden Buchstaben

des Testsatz-Schriftbildes wiedergegeben, da er an den einzelnen Tagen möglicherweise als unterschiedlicher Laut artikuliert worden ist. Bei der Gesamtauswertung werden selbstverständlich nur die tatsächlich ausgesprochenen Laute berücksichtigt, da sich die auf Sprachadaptation bezogene Bewertung immer an der Angleichung zum jeweiligen Ausgangswert (in Tab. 1) orientiert und beispielsweise am Tag mit annähernd übereinstimmenden Meßwerten auch der gesprochene Laut gleich dem im Ausgangsbefund ist.

Legende zu Abbildung 10

Abbildung 10 zeigt die graphische Übertragung der quantitativ gemessenen Werte aus Tabelle 3 in ein Koordinatensystem.

Die Ordinate gibt den Frequenzbereich (FB) an,
 $1 \text{ kHz} = 5 \text{ mm}$

Die Abszisse gibt die Phonationsdauer (PH) an,
 $3,6 \text{ ms} = 1 \text{ mm}$

Dabei ist durch Fällen der Senkrechten vom FB-Maximalwert bis zum Minimalwert in Richtung auf die x-Achse - mit für jeden Tag parallel versetzt zu denkendem Nullpunkt - der Bereich unter Ausdehnung auf die Länge der Phonationsdauer für jeden Test als Rechteck abgesteckt worden.

Die Schraffur kennzeichnet die enthaltenen intensiveren Frequenzanteile (Fi).

Alle im Rahmen dieser Arbeit angefertigten Sonagramme sowie die vollständigen Protokolle der angewandten Auswertungsverfahren können beim Verfasser eingesehen bzw. angefordert werden.

Zur Erleichterung des Vergleichsverfahrens und zur besseren Veranschaulichung der für die Auswertung zu berücksichtigenden drei Faktoren Frequenzbereich,²⁷⁾ intensive Frequenzen²⁷⁾ und Phonationsdauer²⁷⁾ haben wir im Anschluß an die Erstellung der Meßwerttabelle, nachdem eine Kurvendarstellung sich als unzumutbar erwiesen hatte, noch einmal das Sonagramm eines jeden Lautes, auf seine Grundform reduziert und schematisiert, in ein Koordinatensystem eingezeichnet.²⁸⁾ Unsere graphische Darstellung (Abb. 10) zeigt, wie beim ursprünglichen Sonagramm, den Frequenzbereich auf der Ordinate, die Dauer auf der Abszisse und die Energiekonzentrationen als darin enthaltene Schraffierungen. Maßstab und weitere Einzelheiten finden sich in der Legende.

Mit Hilfe der gewonnenen Diagramme konnten die oben erwähnten Differenzen, die auch den visuell beurteilten Qualitätsunterschieden entsprechen, einfach und schnell nachgemessen werden. Die Darstellung zeigt zudem sehr anschaulich die zu

27) Siehe Abkürzungsverzeichnis S.79

28) u.U. vergleichbare Verfahren finden wir bei De la t t r e und Mitarbeitern von den Haskins-Laboratorien in New York (12) im Rahmen der Sprachsynthese oder bei S t r e v e n s (69) in Form des "average line spectrum". (S t r e v e n s führt aus, daß die Anfertigung seiner Durchschnitts-Linienspektren einfach ist und in Einzeichnung von oberer und unterer Frequenzgrenze sowie Markierung derjenigen Frequenzwerte, die Energie-Peaks aufwiesen, auf diesen Linien besteht. Als Grund für die Vernachlässigung der absoluten Werte der Peaks sagt er, daß es einfach keinen Weg gäbe, diese zu ermitteln, und daß es ausreiche anzugeben, ob ein solcher Peak vorhanden sei oder nicht, worin ihm jeder zustimmen werde, der frikative Spektren untersucht habe. Eine detaillierte Intensitätsanalyse bringt laut G ö s c h e l, da wir es mit der akustischen Wiedergabe aperiodischer Geräusche zu tun haben, enorme Schwierigkeiten mit sich und ist deswegen im Marburger Institut nicht durchführbar.)

betonende Tatsache, daß der Grad der Abweichung bei jedem Einzeltest²⁹⁾ unterschiedlich ist und immer nur auf den entsprechenden Ausgangswert der zugehörigen Testreihe²⁹⁾ bezogen werden darf, d.h. Differenzen nur innerhalb einer Testreihe verglichen werden können. Pro Testreihe sind die Tage mit größter Annäherung positiv bewertet, dabei kann die Annäherung z.B. von T 5 in TR 1 nicht mit der von T 5 in TR 2 graduell verglichen werden. Im Gesamtergebnis lassen sich jedoch die Tage mit den relativ höchsten Annäherungswerten zueinander in Beziehung setzen, insofern als daraus auf eine gewisse Tendenz oder Gesetzmäßigkeit hin untersucht werden kann.

Die Vielzahl der Steuerungsparameter ermöglicht es einem Menschen nach G o y d k e (22) nicht, nacheinander physikalisch-meßtechnisch identische Sprachäußerungen zu erzeugen. Bei Wiederholungen treten Streuungen der Formantfrequenzen um etwa 50 Hz auf. Am wenigsten identisch sind die Merkmale des Stimmindrucks und die Verlaufsmerkmale. Die Identifizierung desselben Lautes ist auch abhängig von der Koartikulation. Eine Beeinflussung von Lauten geschieht weiterhin z.B. durch Erkältungskrankheiten.

Die Entscheidung darüber, welche Tests positiv zu bewerten waren, wurde nach folgenden Kriterien gefällt:

Die drei ausgemessenen Größen nämlich Frequenz, Intensität und Phonationsdauer wurden unterschiedlich beurteilt und zwar derart, daß dem Frequenzbereich, der am exaktesten ausgewer-

29) Ein Test ist von uns definiert als die einzelne Aufnahme eines im TW gesprochenen TL (auditiv: des ganzen TW). Eine Testreihe ist von uns definiert als die Aufnahmen eines TL (auditiv: eines TW) über sämtliche VT. (siehe auch Abkürzungsverzeichnis S.79)

tet wurde und der wohl auch den größten Aussagewert besitzt, die höchste Wichtigkeit zufiel.

Die Phonationsdauer ist eher unter Auf- und Abwertung ausgemessen worden (s.o.), zumal sie bei ein- und der selben Person bereits eine gewisse physiologische Variabilität zeigt. Der Intensität wurde die geringste Wichtigkeit beigemessen, da von vornherein auf eine exakte Analyse mittels eigener Intensitätskurven verzichtet worden war. Mit der gewählten Methode konnte nur stärkerer gegenüber schwächerem Intensitätsgrad abgegrenzt werden (nur der stärkere ist in der Auswertungstabelle in Form der zugehörigen Frequenzwerte vermerkt worden). Die Intensität zeigt nämlich eine relativ hohe physiologische Variabilität.

Westin (75), der die Größen Frequenz, Phonationsdauer und Intensität experimentell daraufhin untersuchte, welcher Rang ihnen bei der Phonembestimmung im Schwedischen im einzelnen zukommt, fand heraus, daß die Messung der Frequenzen am zuverlässigsten ist. Da andere von ihm zitierte Autoren analoge Ergebnisse auch für andere europäische Sprachen beibringen, hält er dies für eine allgemeingültige Regel.

Die Beurteilung aller drei Variablen mußte jedoch herangezogen werden, da bei manchen Testreihen beispielsweise für FB nur sehr geringe bis gar keine Differenzen gemessen werden konnten, so daß in diesen Fällen die PH- und Fi-Werte für die Beurteilung ausschlaggebend wurden.

Die maximal zugestandenen Differenzwerte, die uns noch zur Einordnung in die Rubrik Übereinstimmung/auffällige Annäherung veranlaßten, sind hier im einzelnen angegeben :

Die Phonationsdauer durfte um nicht mehr als $10,8 \text{ ms} \hat{=} 3 \text{ mm}$ über- oder unterschritten werden.

Der Frequenzbereich durfte in seinem Maximal- wie in seinem

Minimalwert jeweils um nicht mehr als 1,0 kHz über- oder unterschritten werden; maximale Gesamtdifferenz = 2,0 kHz. Der die Fi-Werte einschließende Frequenzbereich mußte sich, bei einer absoluten maximalen Differenz von 3,0 kHz (ungeachtet des mathematischen Vorzeichens, d.h. Über- oder Unterschreitens des Vergleichswertes) mit den entsprechenden Werten des Ausgangsbefundes überlagern, oder ein einzelner Fi-Wert mußte darin enthalten sein. Waren im Testwert und im Ausgangswert jeweils nur ein einziger Fi-Wert vorhanden, dann mußten sie nahe beieinander liegen, höchster Abstand = 1,0 kHz. Bei nur geringem Fi-Bereich in einem der beiden zu vergleichenden Sonagramme und Fehlen desselben im anderen, vorausgesetzt ersterer lag innerhalb von FB auch des zweiten Sonagramms, sahen wir die Bedingung für eine positive Beurteilung noch erfüllt.

Der jeweilige Test wurde dann insgesamt positiv beurteilt, wenn im analysierten Sonagramm mindestens
FB- (sowohl Maximal- als auch Minimal-) Wert

plus entweder PH- oder Fi-Wert,

oder wenn

FB- (Maximal- oder Minimal-) Wert

plus PH- und Fi-Wert

die genannten Bedingungen erfüllten.³⁰⁾

Das bereits angeführte Prinzip der relativen Auswertung innerhalb der einzelnen Testreihen führte dazu, daß in ganz wenigen Fällen von dem oben angegebenen Schema abgewichen wurde (mit +* gekennzeichnet), wobei es sich praktisch um noch einbezogene Grenzwerte oder außerhalb der genannten Differenzen hervorstechende Werte handelt. Andererseits wurden nicht ausnahmslos sämtliche die Bedingungen erfüllen-

30) Siehe Abkürzungsverzeichnis S. 79

den Werte erfaßt. In der Hilfestellung für diesen geringen Anteil an Interpretation bei diesem Verfahren lag auch die Funktion der schematisierten Diagramme.

P a n c o n c e l l i - C a l z i a (53) stellte zwei Mängel der rein numerischen Auswertung fest. Erstens waren die Ergebnisse der Ausmessungen nicht absolut, zweitens vermochten sie nur den Grad, nicht aber die Lokalisation auszudrücken. Der erste Mangel ist bis heute ein Problem geblieben; die Lokalisation haben wir durch unsere Gaumeneinsätze selbst gesetzt.

IV. Ergebnis

Die protokollarisch festgehaltenen Untersuchungen (Tab. 1-3) führten nach Auswertung zu Ergebnissen, die in der folgenden Tabelle 4 zusammengefaßt sind.

Legende zu Tabelle 4

Tabelle 4 zeigt die Verteilung der Annäherungen an die Ausgangsphonation bzw. der Übereinstimmungen für die einzelnen Testlaute/-wörter je Versuchstag, unterschieden nach Auswertungsmethoden.³¹⁾

Die oberste Zeile	enthält die Testwörter	} in phonetischer Umschrift.
Die zweite Zeile	enthält die Testlaute	
Die linke Spalte	enthält chronologisch die Versuchstage.	
Für jedes Testwort	gibt die erste Spalte die Übereinstimmungswerte nach auditiver Auswertung (aA) an.	
Für die Testlaute	sind jeweils die linken Werte qualitativ und die rechten quantitativ mit dem Sonagraphen ermittelt worden.	

Für jeden Probanden wurde eine solche Tabelle erstellt.

31) Bei der Bewertung der Anpassung an die künstlich gesetzte Störung der Lautbildung haben wir in positive (Annäherung an den ungestörten Ausgangsbefund) und negative (Abweichung vom ungestörten Ausgangsbefund) Werte differenziert. Diese wurden den einzelnen Untersuchungsrubriken nach Auswertung alternativ zuerkannt. Der Übersichtlichkeit halber enthalten die Tabellen nur die positiven Werte (Symbol +).

[illegible][illegible]

Nach den im vorangegangenen Kapitel erörterten theoretischen Hinweisen muß zusammenfassend gesagt werden, daß wir unsere Auswertung nur als Zusammentragen von Teilaspekten und Teilbefunden betrachten, die uns zu einem möglichst ganzheitlichen Ergebnis führen sollen. Keinesfalls kann aufgrund des Ergebnisses einer der qualitativen oder der quantitativen Analyse allein geurteilt werden. Die verschiedenen Verfahren sind zwar bezüglich ihrer Aussagegewichtigkeit von uns unterschiedlich eingestuft aber bewußt nur im Zusammenhang praktiziert worden.

Um auszuschließen, daß das Ergebnis durch rein zufälliges Mitteln von möglicherweise extrem abweichenden Einzelwerten entsteht, haben wir dieses zur Kontrolle in die den Methoden gemäßen Teilergebnisse zerlegt. Eine graphische Darstellung mit Splitting in die drei Auswertungsmethoden anhand verschiedener Säulendiagramme zeigt Abbildung 11 für alle Probanden zusammen.

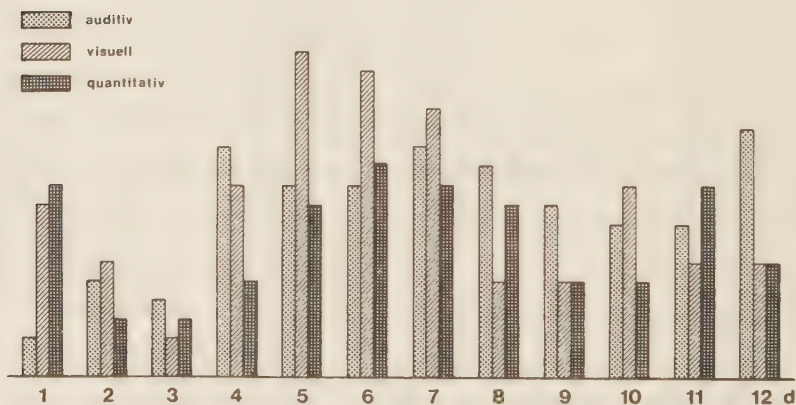


Abb. 11: Häufigkeitsverteilung der Übereinstimmungswerte

1. Auditives Ergebnis

Die auditive Auswertung ergibt an den drei ersten Versuchstagen einen sehr geringen Anteil der Angleichung an die Ausgangswerte. Wir können also für diesen Zeitraum nur von geringer auditiv erfaßbarer Adaptationsrate sprechen. Vom 4. bis 8. Tag liegen die positiven Werte in weitaus höherer Anzahl vor, mit Maxima am 4. und am 7. Tag. Dieser Zeitraum weist also eine relativ hohe auditiv ermittelte Adaptationsrate auf. Am 9., 10. und 11. Tag finden wir Werte, die in ihrer Anzahl zwischen denen der ersten Zeitstrecke und den gehäuften Werten liegen, und am 12. Tag liegt erneut ein deutliches Maximum vor.

2. Sonagraphisch-qualitatives Ergebnis

Eine geringere Anzahl positiver Werte, d.h. eine niedrige Adaptationsrate gibt es während der vier ersten und der fünf letzten Versuchstage. Darunter weisen der 1., 4. und 10. Tag relativ mehr Werte auf. Die Maxima, und damit eine hohe Adaptationsrate, treten vor allem am 5. und auch am 6. und am 7. Tag auf.

3. Sonagraphisch-quantitatives Ergebnis

Eine geringe Anzahl positiver Werte, und damit eine niedrige Adaptationsrate, finden wir diesmal vom 2. bis zum 4. und am 9., 10. und 12. Versuchstag. Eine größere Anzahl, und damit eine relativ hohe Adaptationsrate, haben der 1. und 11. Versuchstag sowie der 5. bis 8. Tag. Das Maximum ist am 6. Tag erreicht.

Beim Vergleich von auditivem, visuellem und quantitativem Ergebnis ist eine ziemliche Ähnlichkeit zwischen sonographisch-qualitativer und sonographisch-quantitativer Aussage festzustellen. Beide Male liegen drei relativ höchste Verteilungswerte vor, nämlich zu Beginn, in der Mitte und gegen Ende der Versuchszeit. Qualitativ haben wir sie am 1., am 5. und am 10. Tag, quantitativ am 1., am 6. und am 11. Tag erhalten. Die höchste quantitativ errechnete Adaptationsrate tritt also einen Tag nach der am 5. Tag qualitativ gefundenen höchsten Adaptationsrate auf, und auch der dritte hohe Wert liegt bei der quantitativen Analyse um einen Tag später als bei der qualitativen.

Das auditive Ergebnis weicht davon etwas ab, weil hier die höchsten Verteilungswerte auf den 4., 7. und 12. Tag fallen, doch da das auditive Verfahren, wie bereits geschildert, das ungenaueste ist, sind von vornherein keine exakten Übereinstimmungen zu erwarten. Dennoch sind auch hier die meisten Annäherungswerte in der Zeit vom 4. bis 7. Tag zu finden.

Es erweist sich, daß neben graduellen Unterschieden zwar auch geringfügige Phasenverschiebungen gegeben sind, daß aber alle drei Auswertungsverfahren eine übereinstimmende Tendenz aufzeigen.

Um die aus den Ergebnissen herauszulesende Aussage zu verdeutlichen und auch graphisch darstellen zu können, haben wir der Übersichtlichkeit halber zunächst für jeden Probanden ein Feld skizziert und darin, nach Versuchstagen aufgeschlüsselt, die Treffer verteilt, die wir den einzelnen Tests gemäß folgender Definition zuerkannten:

Je Proband/Testwort/Testlaut wurden die Übereinstimmungswerte aus Tabelle 4 gezählt. Minimal konnten es null, maximal drei Kreuze pro Tag sein, nämlich durch auditive, visuelle und quantitative Auswertung, wobei deren Objektivität in dieser Reihenfolge zunimmt. Deshalb haben wir jedem Versuchstag, der im Ergebnis mindestens zwei positive Werte, davon einen quantitativen aufweist, einen Treffer angerechnet.

Mit Hilfe der Trefferfelder (Tab. 5) ist der Vergleich unter den Probanden und ebenfalls auch eine Gegenüberstellung der erreichten Werte aus erster und zweiter Versuchsanordnung möglich. Die unterschiedliche Schichtstärke der Gaumeneinsätze scheint keinen prägnanten Einfluß auf den Adaptationsverlauf zu haben.

Tab. 5: Trefferfelder der Probanden (Erklärung im Text)

Pb 1	Versuchstage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Katzenschwanz	[k]					+							
	[t]					+							+
neugierig	[g]								+				
Spitzendienst	1. [t]		+	+								+	
	[d]					+							
	2. [t]							+					

Pb 2	Versuchstage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Susi	[s]						+			+			
	[z]					+	+						
Katzenschwanz	[k]					+	+						
	1. [s]				+								
	[ʃ]												
Spitzendienst	[ʃ]						+			+		+	
	1. [t]										+		+
	1. [s]												+
	[d]								+				
	2. [s]								+				

Pb 3	Versuchstage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Susi	2. [z]		+								
Katzenschwanz	1. [t]									+	
neugierig	[ʒ]							+			
Spitzendienst	2. [s]		+								
	2. [t]								+		
	[d]					+					

Pb 4	Versuchstage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Susi	1.[z]							+					
	2.[z]							+					
süß	[z]								+				
Katzenschwanz	[k]						+	+					
	1.[s]						+	+					
	2.[t]	+						+					
	2.[s]	+											
Spitzendienst	[ʃ]					+						+	
	1.[t]		+										
	1.[s]				+								
	[d]				+						+		
	2.[s]							+					
	2.[t]							+					

Pb 5	Versuchstage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Susi	1.[z]					+							
süß	[s]						+					+	
Katzenschwanz	[k]												+
	2.[s]					+							
neugierig	[k]		+										+
Spitzendienst	[d]					+			+				+
	2.[s]							+					
	2.[t]							+					

Durch Addition der Treffer aus den fünf Probandenfeldern ergeben sich die Trefferquoten der einzelnen Versuchstage, damit eine Aussage über die Veränderung der Adaptationsrate während der Versuchszeit. Wir ersehen daraus eine Tendenz für den Ablauf der Adaptation im, von einem definierten Aspekt her untersuchten, stomatognathen System innerhalb der ersten zwölf Tage. Von diesem Verlauf soll die Kurve in Abbildung 12 eine Vorstellung geben. (Der Ausgangswert ³²⁾ liegt asymptotisch und ist graphisch nicht einzutragen; der Gaumeneinsatz = Stressor ist am ersten Versuchstag eingesetzt worden).

32) vgl. Anm. 18) S. 40

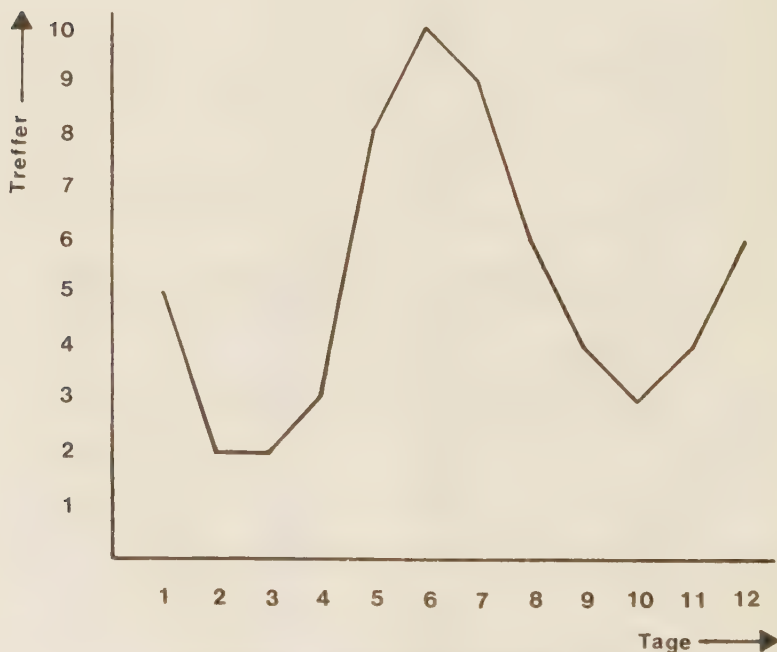


Abb. 12: Veränderung der Adaptationsrate in Abhängigkeit von der Versuchsdauer

V. Diskussion

S c h n e l l und Mitarbeiter haben in einem Langzeitversuch über 8 Tage die Änderung des interokklusalen Spaltes unter dem Einfluß von Bißsperrungen mit einer Stärke von 0,25 mm gemessen. Sie fanden eine Abnahme der Spaltstärke bis zum 5. Tag.

S c h n e l l und G r o ß m a n n (23) konnten keinen einheitlichen Verlauf der Spaltstärkenveränderung über 8 Tage feststellen, sondern erhielten die unten ersichtlichen interindividuellen Unterschiede.

S c h n e l l und H e r z o g (31) fanden bei der Untersuchung der Kaumuskulatur in Bezug auf ihre Konsistenzveränderung durch Eingliederung ebensolcher Interferenzen in einigen Fällen pathologische Verhärtungen, in anderen Erweichungen der musculi pterygoidei mediales.

Auf Grund gemeinsamer Abhängigkeiten der Veränderung einerseits des Interokklusalspaltes, andererseits der Kaumuskelskonsistenz wurde von S c h n e l l , G r o ß m a n n und H e r z o g die hier in Abbildung 13 wiedergegebene Übersicht aufgestellt,

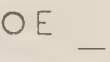
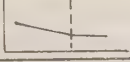
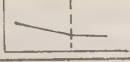
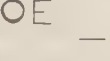
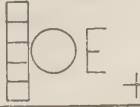
☐ 1 Pb	Interokklusalspalt	ca. 5. Tag	Spasmus	konstant	Odem
Gruppe I	Keine Veränderung 				
Gruppe II	Abnahme der Spaltstärke 				
Gruppe III	Öffnung der Spaltstärke 				

Abb. 13: Einteilung der Probandengruppen bei G r o ß m a n n (23)

die den durch ihre Untersuchungen gefundenen Zusammenhang zwischen diesen beiden Parametern skizziert. Demgemäß haben sie ihre gemeinsamen Probanden in drei den unterschiedlichen Reaktionstypen entsprechende Gruppen eingeteilt.

Die Erforschung der Kaumuskulatur, die ja sowohl von mastikatorischer als auch phonetischer Bedeutung ist, hat sich als Hauptproblem der übergeordneten Arbeit herauskristallisiert, weniger die des Kiefergelenkes, das inzwischen bereits besser untersucht worden ist.

"Die Anatomie speziell des musculus pterygoideus medialis ist noch nicht genügend bekannt, dieser Muskel scheint sich sogar bis in die Region des Eckzahnes zu erstrecken" (P e t r y und S c h n e l l, mündlich).

Wie eingangs bereits betont, haben unsere Versuche das Ziel, das Modell der Adaptation des menschlichen Kauorgans an Störfaktoren in einem Langzeitversuch ohne schädigende Auswirkungen auf den Organismus zu bereichern. Unser LZV erstreckte sich über 12 Tage. Die Auswertung der Phonationsänderungen führte zu Ergebnissen, die das bisher ausgearbeitete Adaptationsmodell (S c h n e l l und Mitarbeiter), demzufolge im Kauorgan nach etwa fünf Tagen ein Anpassungsprozeß stattfindet, unterstützen.

Es zeigt sich aus dem Diagramm in Abb. 12 eindeutig, daß zwischen dem 5. und 7. Tag, mit einem Maximum am 6. Tag, in deutlich erkennbarer Vielzahl die Ausgangsbefunde der Phonation annähernd erreicht werden. Entsprechende Minima finden wir am 2., 3. und 10. Tag, nach dem 10. Tag nimmt die Häufigkeit der Übereinstimmungswerte wieder zu. Diesen Verlauf erhielten wir mit der ersten wie mit der zweiten Versuchsanordnung (8,5 mm/3,5 mm Schichtstärke); wir beobachteten jedoch zwei in der Na-

tur der Probanden begründete Abweichungen:

Pb 3 zeigte als Sprachwissenschaftlerin eine erhöhte Störanfälligkeit bis zum 6. Tag, dafür am 9. und 10. Tag bereits wieder positive Werte nach Minimum am 8. Tag (Trainingseffekt); für VT 11 und 12 liegt bei Pb 3 keine Auswertung vor. Pb 5 litt am 6. Tag nach eigenen Angaben an Rhinitis, was sich mit Sicherheit adaptationsbehindernd auswirkte.

Zwar haben auch nach zwölf Versuchstagen weder die Ergebnisse der einzelnen Auswertungsverfahren für sich, also Hörprobe, Sichtvergleich und Sonagrammausmessung, eine vollständige Adaptation ergeben, noch hat sich ein konstanter Mittelwert im Diagramm der Abbildung 12 eingestellt, und doch glauben wir die Aussage wagen zu dürfen, daß der Verlauf der positiven Lautbildung (im Sinne unserer Definition, S.67) die Form einer gedämpften Schwingung aufweist. Die Behauptung soll in einer anderen Arbeit auf dem Boden unserer Ergebnisse mit Hilfe einer F o u r i e r - Analyse überprüft werden.

Wir halten es überdies für wahrscheinlich, daß neben der Konsistenzveränderung der musculi pterygoidei mediales und der Veränderung des interokklusalen Spaltes der positive Phonationsablauf (s.o.) einen weiteren Parameter für den Adaptationsvorgang des Kauorgans an Störfaktoren darstellt.

C. Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsprojektes, dem diese Arbeit als weiterführende Studie einzugliedern ist, soll ein Adaptationsmodell für das stomathognathe System des Menschen entworfen werden.

Dabei haben sich S c h n e l l und Mitarbeiter (in 62) immer mehr auf die spezielle Erforschung der Kaumuskulatur konzentriert. Der Kaumuskulatur, mit mastikatorischer aber auch phonetischer Funktion, ist neben dem Kiefergelenk der vorwiegende Anteil an den Anpassungsvorgängen der Mandibula zuzurechnen. Zu ihrer Untersuchung dienen verschiedene Parameter. So sind schon Experimente gelaufen, die zum einen die Veränderung künstlich gesetzter Interokklusalspalte, und zum anderen daraus resultierende Myopathien, erfaßbar als Konsistenzveränderung des musculus pterygoideus medialis in Form von Spasmus oder Ödem, erforschen sollten.

Da die bisherigen Versuche wegen der Gefahr pathologischer Folgeerscheinungen jeweils auf die Dauer einer Woche beschränkt werden mußten, war es unsere Aufgabe, mit Hilfe eines weiteren Parameters, aus dem Bereich der Phonetik, Langzeitversuche darüberhinaus einzuleiten. Die Voraussetzungen für diese Dissertation erarbeitete Z u m b a n s e n im Rahmen desselben Projektes. Seine Ergebnisse, nämlich die Lautveränderungen, die er durch Gaumeneinsätze erwirkte, und die von ihm ermittelten Daten, wie zu bedeckende Gaumenzone, Schichtstärke des Einsatzes und Auswahl der Testlaute, wurden unserer Versuchsanordnung zugrunde gelegt, und in zwei zwölf-tägigen Versuchsreihen haben wir an fünf Probanden Untersuchungen zur Adaptation der Lautbildung durchgeführt. Die täglich im Studio von jedem Probanden auf Band genommenen Sprechproben (5 Testwörter mit 18 Testlauten) wurden auf auditive, sonagraphisch-qualitative und sonagraphisch-quantitative Weise ausgewertet. (Die Technik der Auswertung ist in einem eigenen Kapitel abgehandelt.)

Unsere Versuche führten zu folgendem Ergebnis:

Einer Anlaufphase bis zum dritten Tag, während der wir die meiste Störung der Lautbildung erhalten, folgt bis zum sechsten Tag eine Zunahme der Annäherungswerte an die ungestörte Ausgangsphonation. Im weiteren Verlauf nehmen die Werte annähernd erreichter Übereinstimmung mit der Ausgangsphonation bis etwa zum zehnten Tag wieder ab, und anschließend erfolgt noch einmal eine vermehrte Annäherung, die bis zum zwölften Tag das Maximum vom sechsten Tag nicht erreicht. Das bedeutet, daß die untersuchte Sprachlautstörung nach fünf Tagen zunächst weitgehend behoben war, nach insgesamt einer Woche wieder verstärkt auftrat und im weiteren Verlauf erneut abnahm. Damit können wir die zum Adaptationsvorgang im Bereich der menschlichen Mandibula in Kapitel V zitierten bisherigen Ergebnisse für die Dauer einer Woche unterstreichen. Von den drei im Schema der Abbildung 13 (S.73) wiedergegebenen Verhaltensweisen haben wir bei unseren Probanden nur eine der Gruppe III entsprechende vorgefunden und konnten über die gesamte Zeit von zwölf Tagen einen ungefähr rhythmischen Verlauf feststellen. Zu Versuchsende zeigten die Probanden keinerlei subjektive oder objektive Beschwerden.

Da mit dieser Arbeit ein anderer Weg bei der Erforschung des Kauorgans beschritten worden ist, konnten zusätzliche Aspekte über dessen Adaptation gewonnen werden, die die Möglichkeit für weitere und umfangreichere Langzeitversuche eröffnen. Bei einer größeren Probandenzahl, möglichst verschiedener Altersgruppen, Sprechproben mit den von uns untersuchten Lauten und einer Versuchsdauer von zwei oder mehr Wochen dürfte aller-

dings eine so außerordentlich hohe Zahl von Daten und Ereignissen anfallen, daß die Möglichkeit der Verwendung modernerer Untersuchungsgeräte, die eine einzige, exakte Methodik zu-lassen, wünschenswert und der Einsatz elektronischer Datenverarbeitung unumgänglich sein wird.

Zusammenstellung der im Text verwendeten Abkürzungen

A P F	=	Ästhetik - Phonetik -Funktion
L K G	=	Lippen - Kiefer - Gaumen
R M L	=	Raphe - Median - Linie
R P T	=	Raphe - Papillen - Transversale
A P I	=	Association Phonétique Internationale
I P A	=	International Phonetic Alphabet
P B(n)	=	Proband(en)
G E	=	Gaumeneinsatz
O K	=	Oberkiefer
U K	=	Unterkiefer
L Z V	=	Langzeitversuch
L Z T	=	Langzeittest
V A	=	Versuchsanordnung
V T	=	Versuchstag
T	=	Test
T R	=	Testreihe
T S	=	Testsatz
T W	=	Testwort
T L	=	Testlaut
F B	=	Frequenzbereich
F i	=	intensivere Frequenzen
P H	=	Phonationsdauer
O P	=	Okklusionspause

D. Literaturverzeichnis

- (1) ABERCROMBIE, D.: Elements of General Phonetics.
Edinburgh, 1967, S. 38, 42-54
- (2) ALLEN, L.: Verbesserte Phonetik bei
Prothesen.
Dental Digest, Pittsburgh,
Bd. 66, 1959, S. 76-81
- (3) ARNOLD, G.E.: Die traumatischen und konsti-
tutionellen Störungen der
Stimme und Sprache.
Urban und Schwarzenberg Verlag
Wien, 1948
- (4) BALTERS, W.: Die Bedeutung von Zahnverlust
und Zahnersatz für den
Patienten von der Psychologie
her gesehen.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 1956,
S. 112-120, 465-468
- (5) BARCZINSKI, L.: Die Bedeutung der Bißanomalien
für die Bildung der Zischlaute.
Zeitschrift für Stomatologie,
1932, S. 1329
- (6) BARTKOWIAK, H.: Usefulness of some methods
of phonetical studies in
dental prosthesis.
Czas. Stomat. 20, Dec. 67,
S. 1299-1306

- (7) BÖHME, G.: Untersuchungsmethoden der Stimme und Sprache.
J.A. Barth Verlag, Leipzig, 1972
- (8) BRAHM, K.: Die Analyse der S-Laute mit elektroakustischen Apparaten.
Folia Phoniatica Basel,
Bd. 2, Heft 4, 1950, S. 238-251
- (9) BRÜCK, K.: Physiologische Grundlagen der Anpassung.
Med. Mschr. 26, Aug. 1972,
S. 350-356
- (10) BRÜCKE, E.: Grundzüge der Physiologie und Systematik der Sprachlaute.
Wien, 1865, S. 7, 38
- (11) DAMMAN, J.E.: Application of adaptive threshold elements to the recognition of acoustic-phonetic states.
J. Acoust. Soc. Am. 38,
Aug. 65, S. 213-223
- (12) DELATTRE, P.C.,
LIBERMANN, A.M. and
COOPER, F.S.: Acoustic Loci and Transitional Cues for Consonants.
J. Acoust. Soc. Am. 27,
1955, S. 769-773
- (13) DILLENSCHNEIDER, E.
et al.: Place of sonagraphy in phoniatics consultation.
J. Fr. Otorhinolaryng. 18,
June 69, S. 383-386

- (14) DOLDER, E.: Psychosomatische Aspekte in der Zahnheilkunde.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk.
Bd. 60, Heft 1, 1950, S. 1-27
- (15) DUBOS, R.: Man adapting.
Yale Univ. Press, New Haven
and London, 1965
- (16) v. ESSEN, O.: Allgemeine und angewandte Phonetik.
Akademie-Verlag Berlin 1953,
1962, (1966)
- (17) FÄHRMANN, R.: Die Deutung des Sprechausdruckes: Studien zur Einführung in die Praxis der charakterologischen Stimm- und Sprechanalyse.
Verlag Bonvier u. Co.,
Bonn, 1967
- (18) FARELL, J.: Partial Denture Tolerance.
The Dental Practitioner,
Vol. 19, Nr. 5, Jan. 1969,
S. 162-164
- (19) FÖRSTER, H.: Abhängigkeit der Lautbildung von Gaumen, Kiefer und Gebiß.
Diss. Med. Hamburg, 1967

- (20) FRÖSCHELS, E.: Über eine noch nicht beschriebene Mitbewegung (zur Physiologie des S-Lautes).
Med. Klinik 1926, Nr. 44,
S. 213, 1685
- (21) GEBHARDT, H.: Der Zahnarzt und die peripheren Sprachstörungen.
Zahnärztl. Welt, Bd. 6, 1951,
S. 122-124
- (22) GOYDKE, H.: Über die Grundlagen und die Leistungsfähigkeit von Verfahren zur Sprecheridentifizierung.
Physik. Techn. Bundesanstalt, Braunschweig, 1973/74
- (23) GROSSMANN, P.: Die Veränderung des interokklusalen Spaltes im Verlaufe einer Woche unter dem Einfluß von geringgradigen okklusalen Interferenzen.
Med. Diss. Marburg, 1975
- (24) GUTZMANN, H.: Über Untersuchung und Behandlung der durch Gaumen- oder Zahndefekte entstehenden Sprachstörungen (Mechanische Dyslalien).
Dtsch. Zahnärztl. Wochenschrift, 1905, Nr. 3, S. 186-188 und
Nr. 12, S. 209-217

- (25) GUTZMANN, H.: Zähne und Sprache.
Zahnärztl. Rdsch., Berlin,
1910, Bd. 35, Heft 6, S. 1336-
1374
- (26) GUTZMANN, H.: Über die verschiedenen Formen
des Lispelns unter Berücksichti-
gung des Einflusses von Zahn-
stellungsanomalien.
Zahnärztl. Rdsch., Berlin,
1921, Bd. 30, S. 273-76
- (27) HATTEMER, W.: Zur Frage des Zusammenhanges
zwischen Kiefer- und Zahnstel-
lungsanomalien und dem Sigma-
tismus interdentalis.
Österr. Zeitschr. Stomatol.,
1959, S. 136-139
- (28) HAZEN, B.: Effects of differing phonetic
contexts on spectrographic
speaker identification.
J. Acoust. Soc. Am. 54, Sep. 73,
S. 650-660
- (29) HEIDEBREDE, G.: Zahn- und Kieferanomalien und
falsche S-Laut-Bildung.
Zahnärztl. Rdsch., 1943,
Bd. 43, Heft 3, S. 113-15

- (30) HENSEL, E.: Grundbegriffe und neuere Aspekte der physiologischen Adaptation. Vortrag Marburg 1974 vor dem Sonderforschungsbereich 122 der DFG
- (31) HERZOG, B.: Die Konsistenzveränderung im Bereich der Musculi Pterygoidei im Verlauf einer Woche bei einer Bißsperrung von etwa 0,25 mm. Med. Diss. Marburg, 1975
- (32) HILDEBRANDT, G.: Reaktive Perioden und Spontanrhythmik. Reports VII. Conference of the Society for Biological Rhythm., Siena 1960
Panminerva Medica,
Torino 1962, S. 74-82
- (33) HILDEBRANDT, G.: Rhythmus und Regulation. Med. Welt, 1961, S. 73-81
- (34) HUGHES, G.W. and HALLE, M.: Spectralproperties of fricative consonants. J. Acoust. Soc. Am. 28, 1956, S. 303
- (35) KAISER, L.: Bemerkungen über die Wichtigkeit des Speichels beim Sprechen. Mschr. HNO-Heilkd., 1928, S. 7,8

- (36) KALLENBACH, W. und
SCHRÖDER, H.J.: Zur Technik der Tonbandauf-
nahmen bei Sprachuntersuchungen.
Phonetica 7, 1961, S. 95-108
- (37) KLINKER, L.: Modellvorstellung über Regula-
tionsprinzipien des mensch-
lichen Organismus.
Akademie-Verlag Berlin, 1968
- (38) KOBES, L.: Experimentelle Untersuchungen
zum Problem der phonetischen
Adaptation von herausnehmbarem
Zahnersatz.
Dtsch. Zahnärztl. Z., Bd. 13,
Heft 14, 1958, S. 825-831
- (39) KRANZ, H.: Zahnverlust und Zahnersatz als
psychologisches Problem.
Dtsch. Zahnärztl. Z., 1956,
S. 105-112
- (40) KURLJANDSKIJ, W.J.: Der Mechanismus der Gewöhnung.
Dtsch. Zahnärztekalendar 1952
Karl Hanser Verlag, München
- (41) LADEFOGED, P.: Preliminaries to Linguistic
Phonetics.
Chicago 1971, S. 37-66, S. 122
- (42) LINDBLOM, B.E.F.: Accuracy and Limitations of
Sonagraph Measurements.
Proceedings of the Fourth
International Congress of
Phonetic Sciences, Helsinki, 1961

- (43) LOEBELL, H. und
WETHLO, F.: Fehlerquellen der experimentellen phonetischen Untersuchungen. III. Vers. der dtsh. Ges. f. Sprach- und Stimmheilkunde, 1931, S. 43
- (44) LUCHSINGER, R. und
ARNOLD, G.E.: Handbuch der Stimm- und Sprachheilkunde. Wien 1949, 3. Aufl. 1970, S. 90-113
- (45) MARTENS, C. und P. Deutsche Laute im Bild. Verlag Hanex, Hamburg 1963
- (46) McQUILLEN, J.H.: The anatomy and physiology of expression and the human teeth in their relations to mastication, speech, appearance. J.B. Lippincott, Philadelphia 1864
- (47) MEYER-EPPLER, W.: Zum Erzeugungsmechanismus der Geräuschlaute. Zeitung f. Phonetik, 1953, S. 96
- (48) MEYER-EPPLER, W.: Experimentelle Untersuchungen zum Mechanismus von Stimme und Gehör in der lautsprachlichen Kommunikation. Forschungsbericht d. Wirtschafts- u. Verkehrsministeriums Nordrh.-Westf., Westdtsh. Verlag Köln, 1955

- (49) MONNIN, L.M. et al.: Relationship of articulatory defects to speech sound identification.
J. Speech. Hear. Res. 17, Sept. 74, S. 352-66
- (50) MÜHLHAUSEN und GEBIßANOMALIEN UND SPRECHFEHLER.
LIEB, G.: Ernst Reinhard, München, Basel 1964, S. 31, 38, 42, 48ff.
- (51) ONDRÁČKOVÁ, J.: Zur Untersuchung der physiologischen Tätigkeit der Sprechorgane in den supraglottischen Höhlen.
Fol. Phoniatr. 1964, S. 161-171
- (52) OWERT, H.: Die zahnärztliche Behandlung funktioneller Sprachstörungen mittels Spezialprothesen.
Internationales Zentralblatt für experimentelle Phonetik VOX, Bd. 31, Heft 1, 2, 1921, S. 24-36
- (53) PANCONCETTI-CALCIA, G.: Über die Wichtigkeit der Experimentalphonetik für die Zahnheilkunde.
Ergebnisse VIII, 1924, Heft 1,2 W. de Gruyter Verlag Berlin

- (54) PÖLLMANN, L.,
HILDEBRANDT, G.,
SCHNELL, H.:
Über die tagesrhythmischen Veränderungen der Schmerzschwelle und des "Dickenerkennungsvermögens" der Frontzähne.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 29, 1974, S. 238-243
- (55) POTTER, R.K.,
GREEN, H.C.,
KOPP, G.A.:
Visible Speech.
Van Nostrand Verlag, New York 1947
- (56) REICHENBACH, E.:
Experimentelle Untersuchungen über Aussprachefehler bei Zischlauten und deren Behandlung.
Zahnärztl. Rdsch., Bd. 33, Heft 45, 1924, S. 618
- (57) REICHENBACH, E.:
Stomatologie und Sprachheilkunde.
Wiss. Zeitschrift d. Univ. Halle, Heft 5, 1956, S. 499-504
- (58) RETHMANN, H.:
Die Aussprachestörungen und ihre Bedeutung für die Zahnheilkunde.
Dtsch. Zahnärztl. Z., Heft 23, 24, 1953, S. 775-79, 812-19
- (59) REUMUTH, E.:
Die phonetische Funktion bei Zahnverlust und Zahnersatz.
Dtsch. Zahnärztekalendar 1961 S. 130-140

- (60) RICHTER, H.: Grundsätze und System der Transskription IPA (G).
Phonai, Dtsch. Reihe, Bd. 3
- (61) RIESENFELD, A.: The adaptive mandible: an experimental study.
Acta Anat. Basel 72, 1969,
S. 246-262
- (62) SCHNELL, H.: Die Adaptation der menschlichen Mandibula unter dem Einfluß von Bißsperrungen.
Zahnärztl. Praxis 23, 1972,
S. 548-550
- (63) SELYE, H.: Einführung in die Lehre vom Adaptationssyndrom.
Thieme, Stuttgart, XI, 1953
- (64) SERGL, H.G.: Anpassungsveränderungen nach einseitiger Bißerhöhung im Tierexperiment.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 29,
Jan. 74, S- 46-51
- (65) SHARF, D.J.: Distinctiveness of "defective" fricative sounds.
Lang. Speech 11, Jan-Mar 68,
S. 38-45
- (66) SHARF, D.J.: Perceptual parameters of consonant sounds.
Lang. Speech 14, Apr., June 71
S. 169-177

- (67) SHILOVA, G.B.: Physiological mechanism of adaptation to orthodontic appliances.
Stomatologiya (Mosk) 53,
Mar. Apr. 74, S. 30-32
- (68) STEVENS, K.N.,
WILLIAMS, C.E.,
CARBONELL, J.R.,
WOODS, B.: Speaker authentication:
a comparison of spectrographic
and auditory presentation of
speech materials.
J. Acoust. Soc. Am. 44,
1968, S. 1596-1607
- (69) STREVENS, P.: Spectra of fricative noise in
human speech.
Language and Speech, 1960,
Vol. 3, chapter 18
- (70) STUMPF, C.: Die Sprachlaute.
Springer Verlag, Berlin, 1926
- (71) SUBTELNY, J.D. et al.: Comparative study of normal and
defective articulation of /s/
as related to malocclusion and
disglutition.
J. Speech Hearing Dis 29,
Aug. 64, S. 269-85
- (72) SUBTELNY, J.D.: Malocclusions, orthodontic
corrections and orofacial
muscle adaptation.
Angle Orthodont 40, Jul. 70,
S. 170-201

- (73) TRENDELENBURG, F.: Einführung in die Akustik.
Springer Verlag, Berlin,
Göttingen, Heidelberg, 3. Aufl.,
1961
- (74) TRENSCHEL, W.: Zum Erzeugungsmechanismus des
S-Lautes bei Kiefer- und Zahn-
stellungsanomalien.
Dtsch. Stomatol. 22, Apr. 72
S. 303-309
- (75) WESTIN, K. et al.: An experimental analysis of
the relative importance of
pitch, quantity and intensity
as cues to phonemic distinctions
in Southern Swedish.
Lang. Speech 9, Apr-Jun 66,
S. 114-126
- (76) WETHLO, F.: Deutsche S-, Sch- und L-Laute
mit gehobener und gesenkter
Zungenspitze.
Arch. f. Sprach- und Stimm-
heilkunde, Berlin 1938, S. 146
- (77) WULFF, J.: Gebißanomalien und Sprechfehler;
Zusammenhänge und logopädische
Maßnahmen.
Medizinisch-logopädische Bei-
träge, Reinhardt, München,
Bd. 1, 1964

- (78) WULFF, J.: Übungsblätter zur Sprachbehandlung; Für die Beseitigung von Lautbildungsfehlern. Arbeitsgemeinschaft für Sprachheilpädagogik in Deutschland, Hamburg, Bd. 15
- (79) ZALESKI, T. et al.: Sonagraphic aspects in patients after surgery of the maxilla. J. Fr. Otorhinolaryngol. 19, Nov. 70, S. 727-29
- (80) ZUMBANSEN, D.: Eine Versuchsanordnung zur Erfassung von künstlich erzeugten Phonationsänderungen im Langzeitversuch. Med. Diss. Marburg, 1976
- (81) ZWAARDERMAKER, H.: Zahnheilkunde und Sprachheilkunde. D.Z.W. 1926

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die dem Fachbereich Humanmedizin der Philipps-Universität Marburg zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel "Ein Beitrag zur Erforschung der Adaptation des menschlichen Kauorgans durch Untersuchung der Sprachlautbildung im Langzeitversuch" in der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten, unter Leitung von Herrn Prof. Dr. med. dent. H. Schnell und mit Unterstützung durch die Abteilung Phonetik des Forschungsinstitutes für deutsche Sprache "Deutscher Sprachatlas", ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe. Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Hannover, den 4. August 1977

Nach Abschluß der Untersuchung gilt mein ganz besonderer Dank Herrn Professor Dr. H. Schnell für die Überlassung des Themas und für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Frau Professor Dr. I. Hennis und Herrn Professor Dr. J. Göschel darf ich für die Übernahme der Correferate danken.

Herrn Professor Dr. J. Göschel danke ich ausdrücklich für das Entgegenkommen, die Untersuchung mit Hilfe der Sonographie in seinem Institut durchführen zu können.

Herrn Toningenieur H. Hopf gilt mein Dank für die Tonbandaufnahmen und die Anfertigung der Sonagramme.

Lebenslauf

Am 10. November 1946 wurde ich, Christoph-Benedikt Poschen, als Sohn des Zahnarztes Franz Josef Poschen und seiner Ehefrau Hildegard, geb. Weckermann, in Stadthagen in Niedersachsen geboren.

Nach der Grundschulzeit besuchte ich ab Ostern 1956 zunächst das humanistische Gymnasium in Attendorn im Sauerland und wechselte dann zum neusprachlichen Zweig der Albert-Schweitzer-Schule in Marl/Westf., an der ich Ostern 1966 die Reifeprüfung ablegte.

Im Sommersemester 1966 immatrikulierte ich mich an der Philipps-Universität in Marburg an der Lahn. Die naturwissenschaftliche Vorprüfung bestand ich am 2.9.1967, die zahnärztliche Vorprüfung am 25.2.1970 und am 17.11.1972 das zahnärztliche Staatsexamen.

Im Anschluß an das Studium leistete ich zwei Jahre Wehrdienst als Stabsarzt der Bundeswehr.

Seit dem 1. März 1975 bin ich als Ausbildungsassistent an der Poliklinik für Kieferorthopädie der Medizinischen Hochschule Hannover bei Herrn Prof. Dr. med. dent. J. Tränkmann tätig und wohne seitdem in 3 Hannover 61, Meitnerstraße 6.

Meine akademischen Lehrer in Marburg waren die Damen und Herren Professoren und Dozenten:

Amon, Aurich, Dimroth, Haan, Hennis, Hering, Heuser, Janke, Karlson, Korb, Kühnel, Mahr, Niemeyer, Pantke, Petry, Pfütz, Rieken, Rohen, Rosemann, Rupec, Salfeld, Schiff, Schmidt, Schmitz-Moormann, Schnell, Seidel, Streicher, Strohmeier, Walcher, Zilliken.

